

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektrických strojů a přístrojů

Nízkofrekvenční zesilovače – průzkum trhu

Audio power amplifiers – commerce reseach

Student: Josef Špalek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Bernat, Ph.D.

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student:

Josef Špalek

Studijní program:

B2645 Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika

Studijní obor:

2608R004 Komerční elektrotechnika

Téma:

Nízkofrekvenční zesilovače - průzkum trhu
Audio power amplifiers - commerce reseach.

Zásady pro vypracování:

Nízkofrekvenční zesilovač, princip, použité technologie, členění, třídy a kategorie.
Výběr několika kategorií zesilovačů, výběr výrobců a dodavatelů
Vícekritériární srovnání vybraného vzorku zesilovačů.

Seznam doporučené odborné literatury:

NF zesilovače 1-4 (BEN), internetové zdroje, diskusní fóra.
Schémata a servisní manuály komerčně dostupných zesilovačů.
Katalogové listy výrobců, ceníky výrobců i prodejců.
Další dle pokynů vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Bernat, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Josef Špalek

Velké Karlovice 648, PSČ 756 06

Anotace bakalářské práce

ŠPALEK J. Nízkofrekvenční zesilovače – průzkum trhu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektrických strojů a přístrojů, 2010, 73 str., Vedoucí práce: Bernat P.

Tato bakalářská práce obsahuje průzkum trhu nízkofrekvenčních zesilovačů. Jsou zde popsány základní vlastnosti, parametry a jeho pomocné obvody. Dále je zde výběr výrobků na vlastní průzkum trhu.

Klíčová slova

Nízkofrekvenční zesilovač, výkon, kmitočet, tranzistor.

Annotation thesis

ŠPALEK J. Audio power amplifiers – commerce reseach: a bachelor thesis. Ostrava: VSB Technical University of Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Electrical machinery and apparatus, 2010, 73 str., Supervisor: P. Bernat.

This thesis includes a market survey of low-frequency amplifiers. There are described basic characteristics and parameters of the auxiliary circuit. Then there is the selection of products at their own comerce research.

Keywords

Audio amplifier, power, frequency, transistor.

Seznam některých použitých symbolů a zkratek

P	Výkon	[W]
U	Napětí	[V]
I	Proud	[A]
R	Odpor	[Ω]
Z	Impedance	[Ω]
d	Činitel tlumení	
f	Frekvence	[Hz]
C	Kapacita	[F]
D	Dioda	
T	Tranzistor	

Obsah:

1	ÚVOD.....	- 9 -
2	TEORIE STAVBY ZESILOVAČŮ	- 10 -
3	PARAMETRY NÍZKOFREKVENČNÍCH ZESILOVAČŮ	- 13 -
3.1	Přenosové pásmo	- 13 -
3.2	Odchylka mezi stereofonními kanály	- 13 -
3.3	Zkreslení signálu	- 14 -
3.3.1	Zkreslení harmonické	- 14 -
3.3.2	Zkreslení intermodulační	- 15 -
3.4	Přeslech mezi kanály	- 15 -
3.5	Přeslech mezi jednotlivými vstupy	- 16 -
3.6	Odstup cizích napětí.....	- 16 -
3.7	Odstup rušivých napětí	- 17 -
3.8	Jmenovitý výstupní výkon	- 17 -
3.9	Hudební výstupní výkon	- 18 -
3.10	Výkonová šířka pásma	- 18 -
3.11	Vnitřní impedance zesilovače	- 18 -
3.12	Vstupní impedance	- 19 -
4	TŘÍDY NF ZESILOVAČŮ	- 19 -
4.1	Princip jednotlivých tříd	- 20 -
4.1.1	Princip třídy A	- 20 -
4.1.2	Princip třídy B	- 20 -
4.1.3	Princip ve třídě AB	- 21 -
4.1.4	Třída AB + C	- 22 -
4.1.5	Třída D.....	- 22 -
5	ZAPOJENÍ KONCOVÝCH STUPŇŮ ZESILOVAČE.....	- 23 -

6	POMOCNÉ OBVODY ZESILOVAČŮ	- 26 -
7	ELEKTRONICKÉ PROUDOVÉ OMEZENÍ.....	- 27 -
8	ZAPOJENÍ OCHRANY ZESILOVAČE PROTI TEPELNÉMU PŘETÍŽENÍ	- 28 -
9	NAPÁJECÍ ZDROJE ZESILOVAČŮ	- 29 -
10	INTEGROVANÉ VÝKONOVÉ ZESILOVAČE	- 31 -
11	VLASTNÍ PRŮZKUM TRHU.....	- 34 -
11.1	Autozesilovače	- 34 -
11.1.1	Autozesilovač JENSEN PS 1220M.....	- 34 -
11.1.2	Autozesilovač MAGNAT Black Core Two	- 35 -
11.1.3	Autozesilovač BX 4055 SAL	- 36 -
11.1.4	Autozesilovač WRX 2090 SAL	- 37 -
11.1.5	Autozesilovač XPRO 8000 SAL	- 38 -
11.1.6	Autozesilovač ALPINE PDX-5.....	- 39 -
11.1.7	Autozesilovač ALPINE PDX-4.100.....	- 40 -
11.1.8	Autozesilovač AAM 2.1	- 41 -
11.1.9	Autozesilovač AMP 2200.....	- 42 -
11.1.10	Autozesilovač ARX 300	- 43 -
11.1.11	Autozesilovač PIONEER GM-6400F.....	- 44 -
11.1.12	Autozesilovač PIONEER GM-3300T	- 45 -
11.1.13	Autozesilovač BLAUPUNKT THA 1250 PnP.....	- 46 -
11.1.14	Autozesilovač BLAUPUNKT GTA 480	- 47 -
11.1.15	Autozesilovač SONY XM-ZR604.....	- 48 -
11.2	ZESILOVAČE	- 50 -
11.2.1	Zesilovač DENON PMA-510AE B	- 50 -
11.2.2	Zesilovač DENON PMA-710AE SP.....	- 51 -
11.2.3	Zesilovač HARMAN/KARDON HK 980.....	- 52 -

11.2.4	Zesilovač MARANTZ PM5003 SG	- 53 -
11.2.5	Zesilovač YAMAHA A-S700 S	- 54 -
11.2.6	Zesilovač PIONEER A-209R	- 56 -
11.2.7	Zesilovač ONKYO A-5VL S	- 57 -
11.2.8	Zesilovač DENON PMA - 710AE B	- 59 -
11.2.9	Zesilovač YAMAHA AX – 497 B	- 60 -
11.2.10	Zesilovač YAMAHA A-S700 B	- 62 -
11.2.11	Zesilovač MARANTZ PM8003 B	- 64 -
11.2.12	Zesilovač ONKYO A-9155 B	- 66 -
12	ZÁVĚR	- 69 -
13	LITERATURA	- 70 -
14	SEZNAM OBRÁZKŮ, ROVNIC a TABULEK	- 71 -
14.1	Seznam tabulek	- 71 -
14.2	Seznam rovnic	- 71 -
14.3	Seznam obrázků	- 71 -
15	PŘÍLOHY	- 73 -
15.1	Norma DIN 45 500	- 73 -

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá o nízkofrekvenčních zesilovačích, průzkumem trhu.

V první části bakalářské práci se dozvíme, jakou úlohu má nízkofrekvenční koncový zesilovač. Jak si vlastně představujeme nízkofrekvenční zesilovač.

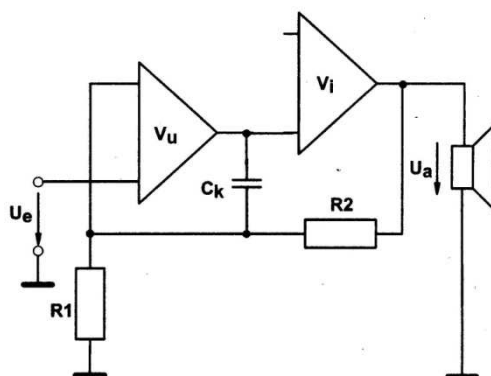
Dále se budeme zabývat jeho parametry, kde se dozvíme, jak tyto parametry měříme a jakých hodnot by měly dosahovat. Také se dozvíme něco málo o rozdělení do základních tříd, jejich principu a zapojení koncových stupňů nízkofrekvenčních zesilovačích.

V druhé části se popisují pomocné obvody. Ty vypovídají o různých konstrukcích, a že jsou zcela samostatné. Také je zde elektronicky proudové omezení, zapojení ochrany zesilovače proti tepelnému přetížení, napájecí zdroje zesilovače a okrajově se zde píše o integrovaných výkonových zesilovačích.

V poslední části je vlastní průzkum trhu, je zde výběr autozesilovačů a zesilovače pro domácí použití.

2 TEORIE STAVBY ZESILOVAČŮ

Nízkofrekvenční koncový zesilovač má jako poslední aktivní člen reprodukčního řetězce za úkol zesílit požadovaný signál s patřičným výkonem při přijatelně nízkém zkreslení. Lze si jej představit jako zesilovač napětí V_u na vstupu, „Obr. 1: Blokové schéma výkonového zesilovače“, jenž má za úkol mimo potřebného zesílení napětí i oddělení od předchozích stupňů předzesilovače. Musí vybudit následující proudový zesilovač V_i tak, aby tento stupeň byl schopen do připojeného reproduktoru odevzdat požadovaný výkon.



Obr. 1: Blokové schéma výkonového zesilovače

Vstupní část, tedy napěťový zesilovač koncového stupně moderních zesilovačů se skládá ze vstupního diferenciálního zesilovače, zdroje konstantního proudu a oddělovacího zesilovače. Toto uspořádání zhruba odpovídá i koncepci speciálního integrovaného obvodu: operačního zesilovače. Tyto operační zesilovače však měly až do nedávna některé nedostatky, kvůli kterým nebyly příliš vhodné k použití v nízkofrekvenčních zesilovačích. Tyto vlastnosti, jako např. malá šířka přenášeného pásma, vysoký vlastní šum a malou přeběhovou rychlost se však v posledním desetiletí podstatně zlepšily. Dnes již existují typy, které se mimo zlepšení výše jmenovaných vlastností vyznačují i přijatelnou cenou.

Následující proudový zesilovací stupeň je realizovaný v podstatě pouze jako protitaktně pracující. Obsahuje mimoto ještě obvod pro nastavení klidového proudu, případně jeho stabilizaci, jakož i omezovač proudu s obvodem kontroly teploty. Toto dělení platí v zásadě jak pro integrované, tak i diskrétní koncové stupně.

Pro doplnění budiž ještě vzpomenuta záporná zpětná vazba, zavedená pomocí rezistorů R_1 , R_2 snižující napěťové zesílení. To má následně celou řadu důsledků, působících pozitivně na parametry zesilovače, jako např. snížení celkového zkreslení, zvětšení šířky přenášeného pásma kmitočtů aj.

Pro celkové zesílení zesilovače se zápornou zpětnou vazbou platí:

$$V_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

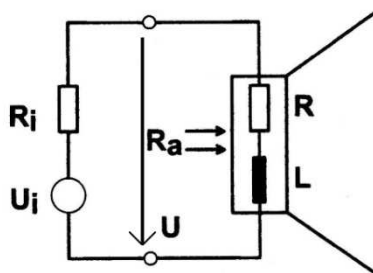
Kde: V_u je napěťové zesílení [V]
 R_1, R_2 - hodnoty rezistorů [Ω]

Velký fázový posun signálu mezi vstupem a výstupem zesilovače skrývá nebezpečí kladné vazby, jejímž důsledkem by mohlo být rozkmitání celého zesilovače. Kompenzace tohoto efektu je dosaženo kondenzátorem C_k .

Proudový zesilovač na výstupu určuje výkon celého zesilovače. Z reklamních důvodů mnoho výrobců uvádí nedefinovaný pojem „hudební výkon“. Tento pojem vychází z toho, že u nestabilizovaných napájecích zdrojů se napětí na filtračních kondenzátorech v pauze zvýší na maximum oproti napětí při plné zátěži. Při vybuzení trvalým sinusovým signálem musíme takto udávaný výkon poněkud zkorigovat faktorem 0,3-0,5. Hudební výkon je také značně závislý na druhu reprodukováné hudby. Chceme-li tedy např. při porovnání dvou zesilovačů získat objektivní údaje o výkonu, musí se vždy jednat o výkon sinusový.

Jaký výkon je vlastně potřebný např. pro domácí poslech? Tato často kladená otázka dává překvapivou odpověď: pro ozvučení středně velké místnosti je postačující výkon 2-6 W! Všimněte si však pojmu „ozvučení“, který ovšem nic nevypovídá o kvalitě přenosu. Pro přenos krátkých hudebních impulzů, které jsou dány dynamikou záznamu a které musí být reprodukovány bez zřetelného zkreslení, dojdeme k výkonu až 100 W!

Další kritérium určující kvalitu zesilovače je tzv. činitel tlumení. K jeho výkladu pohlédneme na „Obr. 2: Náhradní schéma zesilovače a reproduktoru“.



Obr. 2: Náhradní schéma zesilovače a reproduktoru

Napěťový zdroj U_i zde představuje výstup ideálního zesilovače. Činitel tlumení d je pak poměr mezi odporem zátěže (reproduktor) a výstupního odporu zesilovače.

$$d = \frac{R_a}{R_i} \quad (2)$$

Kde: d je činitel tlumení
 R_a - odpor zátěže [Ω]
 R_i - vnitřní odpor zesilovače [Ω]

Cívkou kmitačky reproduktoru lze v náhradním schématu zobrazit jako čistou indukčnost L v sérii se ztrátovým odporem R . Samoindukce cívky způsobuje, že tato po přivedení jednotkového impulzu dokmitává. Čím je vnitřní odpor zesilovače menší, tím více je tento jev utlumen (neboli snižuje se činitel kvality indukčnosti) a tím se tedy i snižuje nežádoucí zakmitávání membrány reproduktoru a reprodukce je méně zkreslená. Vnitřní odpor zesilovače lze měřit na výstupu zesilovače jako poměr mezi střídavým napětím se zátěží a bez zátěže. Je vhodné tuto hodnotu měřit při nízkých kmitočtech např. 50 Hz, při středních kmitočtech 1 kHz a na vyšších kmitočtech 12 kHz. Pro určení vnitřního odporu zesilovače platí rovnice:

$$R_i = R_a \frac{U_1 - U_2}{U_2} \quad (3)$$

Kde: R_i je vnitřní odpor zesilovače [Ω]
 U_1 - napětí nezatíženého zesilovače [V]
 U_2 - napětí na výstupu při zátěži [V]
 R_a - jmenovitý výstupní odpor zesilovače [Ω]

Pro větší názornost si doplníme tyto vztahy konkrétním příkladem:

U 100W zesilovače jsme naměřili v nezatíženém stavu efektivní výstupní napětí $U_1 = 22$ V. Po zatížení výstupu zesilovače reproduktorem o impedanci $R_a = 4 \Omega$ klesne toto napětí na 20 V. Po dosazení do rovnice nám vyjde, že vnitřní odpor zesilovače je 0,09 Ω .

Činitel tlumení určíme výpočtem z předchozích rovnic: vyjde $d = 44$. Takhle vysoké hodnoty nejsou nic neobvyklého, jsou dosaženy většinou díky velmi silné zpětné vazbě dané poměrem rezistorů R_2 k R_1 z „Obr. 1: Blokové schéma výkonového zesilovače“. Pokles napětí při připojení zátěže se zpětná vazba snaží vyrovnat.

Těchto příznivých hodnot však v praxi nelze využít. Podstatně je totiž ovlivní např. přechodové odpory konektorů, odpor vodičů a hlavně ztráty ve filtrech reproduktorových výhybek. Tyto dva posledně jmenované ztrátové faktory dávají odpověď na otázku, proč je výhodné používat aktivní reproboxy [3].

3 PARAMETRY NÍZKOFREKVENČNÍCH ZESILOVAČŮ

Veškeré parametry nízkofrekvenčních zesilovačů lze ověřit měřením, což je činnost náročná na teoretické i praktické znalosti a v neposlední řadě i na přístrojové vybavení. Protože se amatér – elektronik tímto měřením v praxi nebude podrobně zabývat, omezíme se zde pouze na definice jednotlivých parametrů, tak, jak je zmiňuje norma DIN 45 500, případně na informativní popis měřících metod.

3.1 Přenosové pásmo

Průběh se vztahuje na referenční kmitočet 1 kHz, regulátor hlasitosti je vytočen na plné zesílení, korekční potenciometry, tj. hloubky a výšky jsou v nulové poloze. Výstup je zatížen jmenovitou zátěží, na vstupu jsou připojeny náhradní vstupní impedance jednotlivých vstupů. Zesilovač má mít kmitočtovou charakteristiku 40 – 16 000 Hz s odchylkou max. ± 2 dB u korigovaných vstupů. Tento parametr je u moderních zesilovačů splněn většinou s velkou rezervou.

3.2 Odchylka mezi stereofonními kanály

Zde povoluje norma DIN 45 500 poměrně velkou toleranci. Nemá-li stereofonní zesilovač regulátor vyvážení (balance), je povolena maximální odchylka mezi oběma kanály 3 dB. Jestliže je tento regulátor součástí zesilovače a může-li nastavovat napětíovou úroveň mezi oběma kanály alespoň o 8 dB, pak je povolena základní odchylka až 6 dB.

Rozsah regulace vyvážení lze jednoduše kontrolovat voltmetrem, zapojeným na výstup zesilovače. Regulátor vyvážení nastavíme do jedné z krajních poloh, měříme napětí levého a pravého kanálu. Pozor na to, aby jeden z kanálů přitom nebyl přebuzen!

Stanovená tolerance platí pro kmitočtový rozsah 250 až 6300 Hz. Přitom je účelné měřit souběh kanálů nejen při regulaci hlasitosti naplno, ale i při zmenšeném zisku o 20 a 40 dB. Tím ověříme, zda ani při nejmenších hlasitostech nevybočuje souběh z povolených tolerancí. Zde totiž bývají odchylky od předepsané hodnoty nejvyšší. Na nesouhlasu průběhů hlasitosti se největší měrou podílí nesouběh obou polovin tandemového potenciometru hlasitosti.

3.3 Zkreslení signálu

Budeme se zde zabývat nejvýraznějšími typy zkreslení, tj. **harmonickým** a **intermodulačním**.

3.3.1 Zkreslení harmonické

Při měření harmonického zkreslení přivádíme na vstup měřeného zesilovače čistě sinusový signál, přičemž vyhodnocujeme jeho změny po průchodu zesilovačem, tedy na jeho výstupu. Tyto změny signálu jsou způsobovány nelineárními členy v přenosové cestě, kterými je signál deformován. Tím vznikají nové kmitočtové složky – vyšší harmonické kmitočty, tj. kmitočty násobků základního kmitočtu generátoru.

Rozlišujeme dvě základní metody, jimiž se zkreslení měří:

- 1) Měření pomocí kmitočtového analyzátoru ke zjištění úrovně jednotlivých vyšších harmonických na výstupu. Výsledné zkreslení je v tomto případě nutno vypočítat podle vzorce. Toto měření je neobjektivnější, neboť se při něm prakticky neuplatňují cizí (rušivá) napětí, která každý zesilovač produkuje.
- 2) Měření pomocí hornopropustného (tzv. sumární měřiče zkreslení), pomocí kterého se zjišťuje obsah všech vyšších harmonických v původním signálu. Při tomto měření se však podle okolností mohou uplatňovat cizí, (rušivá) napětí a zvláště při měření zesilovačů s velmi malým zkreslením mohou tento parametr nepříznivě ovlivnit.

Základní podmínkou při měření zkreslení zesilovače je tónový generátor se zanedbatelným vlastním zkreslením. Abychom měli zajištěno co nejpřesnější měření, nemělo by zkreslení použitého generátoru přesahovat nejpřesnější měření, asi tak desetinu měřeného zkreslení. Protože kvalitní zesilovače dosahují zkreslení řádově desetin až setin procenta, bývá zajištění podobného generátoru více než obtížné. Proto se v takovém případě doporučuje zařadit mezi výstup tónového generátoru a vstup měřeného zesilovače dostatečně strmý hornopropustný filtr, který potřebným způsobem zmenší obsah vyšších harmonických v budícím signálu.

Harmonické zkreslení měříme obvykle nejen na 1 kHz, ale i na jiných kmitočtech, přičemž jsou doporučeny kmitočty 40, 100, 400, 1000 a 6300 Hz. Podle normy DIN 45 500 jsou pro třídu HI-FI povolena tato největší zkreslení:

- Předzesilovače smějí mít činitel zkreslení nejvýše 0,7 % v rozsah od 40 do 4000 Hz a to při plném vybuzení vstupním signálem.
- Koncové zesilovače smějí mít činitel zkreslení rovněž nejvýše 0,7 %, avšak v rozsahu od 40 do 12 500 Hz.

- Výkonové zesilovače mají celkové povolené zkreslení 1 %.

Zkreslení u koncových a výkonových zesilovačů se měří nejen při jmenovitém výstupním výkonu, ale též při napěťové úrovni o 26 dB menší, než odpovídá jmenovitému výkonu. Výstupní výkon však poté nesmí být menší, než 2*50 mW u stereofonního, nebo 100 mW u monofonního zesilovače.

3.3.2 Zkreslení intermodulační

Tento druh zkreslení vzniká rovněž nelinearitou přenosových členů, projevuje se však poněkud odlišně a ve svých důsledcích je rozhodně nepříjemnější, než zkreslení harmonické.

Harmonické zkreslení měříme signálem jediného kmitočtu. To však neodpovídá praxi, neboť v praxi reprodukuje v každém okamžiku řadu současně znějících tónů. Zjednodušíme-li tento případ na dva tóny, pak na nelinearitě přenosových členů vznikají nové signály, jejichž kmitočty jsou součtem či rozdílem tónů základních a samozřejmě i jejich vyšších harmonických. Snadno odvodíme, že k původním signálům nemají žádný harmonický vztah, což je v reprodukci nepříjemnější, než produkty harmonického zkreslení.

Měří se poněkud obtížněji, neboť je třeba přivést na vstup zesilovače signály dva a to (podle DIN 45 500) 250 Hz a 8000 Hz, přičemž signál 250 Hz má mít úroveň čtyřikrát vyšší a zesilovač jím má být vybuděn na 80 % napětí, odpovídající jmenovitému výstupnímu výkonu. K vyhodnocení je zde nezbytně nutné použít kmitočtový analyzátor a pak vyhodnotit zjištěné úrovně. Je povoleno maximální intermodulační zkreslení 2 %.

Oba druhy zkreslení jsou ve vzájemném vztahu (i když ne přesně matematicky definovanému), takže lze předpokládat, že pokud snáze měřitelné harmonické zkreslení nepřekročí povolenou hranici, bude i intermodulační zkreslení v přijatelných mezích.

3.4 Přeslech mezi kanály

Jedná se o nežádoucí jev, při kterém se u stereofonních zesilovačů signál z levého kanálu dostává do pravého a opačně. Měříme jej tak, že jeden kanál stereofonního zesilovače vybudíme na jmenovitý výkon, přičemž regulátor hlasitosti nastavíme naplno a tónové korekce na pokud možno vyrovnaný kmitočtový průběh. Vstupy a výstupy zatížíme jmenovitými impedancemi, načež měříme zbytkové výstupní napětí vybuděného kanálu. Poměr napětí plně vybuděného a nevybuděného kanálu udává míru přeslechu. Při signálu 1000 Hz nejméně 30 dB. Norma DIN 45 500 doporučuje měřit přeslech i při různém nastavení regulátoru hlasitosti (až do -40 dB), případně při různém nastavení tónových korektorů. Přeslech mezi kanály je patrnější při zvyšujících se kmitočtech a to např.: jako důsledek nežádoucích kapacitních vazeb, je tedy vhodné ověřit si hodnoty přeslechů v oblasti vyšších akustických kmitočtů.

3.5 Přeslech mezi jednotlivými vstupy

Týká se jak stereofonních, tak monofonních zesilovačů. Měří se pronikání signálu připojeného k určitému vstupu do toho vstupu, který je právě k zesilovači připojen. Měříme tak, že nejprve ke všem vstupům zapojíme předepsané náhradní impedance a na výstupu předepsaný zatěžovací odpor. K jednomu vstupu připojíme tónový generátor a při regulátoru hlasitosti nastavenému naplno nařídíme takové vstupní napětí, aby výstupní napětí odpovídalo úrovni jmenovitého vybuzení. Pak postupně přepínačem vstupů zapojujeme všechny ostatní vstupy, (které jsou bez signálu) a měříme zbytkové napětí na výstupu. Signál 1000 Hz musí mít na výstupu nejméně o 50 dB menší úroveň, signály v pásmu 250-10 000 Hz alespoň o 40 dB. Při měření volíme různé kombinace vstupů, to znamená, že zdroj signálu zapojujeme postupně na různé vstupy.

Přeslech mezi jednotlivými vstupy může být za určitých okolností velmi nepříjemný, např. tehdy, je-li na některém z nich připojen zdroj trvalého signálu a jeho signál pak proniká do ostatních vstupů. Pokud používáme mechanické přepínače vstupů, je toto nebezpečí podstatně menší, než při nevhodném zapojení elektronických přepínačů.

3.6 Odstup cizích napětí

U předzesilovačů stanoví DIN 45 500 minimální odstup cizích napětí 50 dB, přičemž se měří signálem kmitočtu 1000 Hz a tento odstup je vztažen k jmenovitému výstupnímu napětí. Jestliže je předzesilovač vybaven regulátorem hlasitosti, měří se jednak při regulátoru naplno, jednak o regulátorem zmenšené hlasitosti o 20 dB. V obou případech musí být odstup cizích napětí větší, než 50 dB. I při tomto měření musí být jak vstup, tak i výstup opatřen příslušnou vstupní a zatěžovací impedancí. Poměr jmenovitého výstupního napětí a napětí zbytkového udává odstup cizích napětí.

U koncových a výkonových zesilovačů je stanoven minimální odstup cizích napětí 50 dB, pokud výstupní výkon nepřesahuje 20 W. Tento odstup se však nevztahuje k jmenovitému výkonu, ale k výstupnímu výkonu 2*50 mW u stereofonních zesilovačů nebo 100 mW u monofonních zesilovačů. Při předepsané zatěžovací impedanci 4 Ω to tedy znamená, že u zesilovačů do jmenovitého výstupního výkonu 20 W nesmíme na výstupu naměřit větší zbytkové napětí než 2 mV u monofonních, nebo 1,4 mV u stereofonních zesilovačů. Jestliže by byla zatěžovací impedance 8 Ω , pak by bylo 2,8 mV a 2 mV.

Měříme tak, že na vstup zesilovače přivedeme signál takové úrovně, jaká odpovídá minimálnímu vstupnímu napětí příslušného vstupu. Regulátorem hlasitosti pak nastavíme takové výstupní napětí, které odpovídá vybuzení na 2*50 mW (stereo) nebo 100 mW (mono). Při zatěžovací impedanci 4 Ω to tedy bude 450 mV (stereo) nebo 630 mV (mono), při impedanci 8 Ω pak 630 mV (stereo) nebo 900 mV (mono).

Odstup cizích napětí je poměrem výše stanoveného výstupního napětí a napětí zbytkového. Je však třeba připomenout, že tento způsob platí pouze pro zesilovače do výstupního výkonu 20 W. Měříme-li např. zesilovač s výstupním výkonem 40 W, znamená to, že jeho výstupní napětí při jmenovitém výstupním výkonu bude o 3 dB vyšší, než u 20 W zesilovače. O tyto 3 dB smí být pak odstup cizích napětí menší, tedy v tomto příkladu pouze 47 dB. Měření cizího napětí by mělo být realizováno pomocí pásmové propusti 32,5 až 20 000 Hz, aby byly vyloučeny vlivy z mimo akustické oblasti. Praxe však prokazuje, že v naprosté většině případů jsou rozdíly oproti měření bez propusti zcela zanedbatelné.

3.7 Odstup rušivých napětí

Měření odstup rušivých napětí je v principu zcela shodné s měřením odstup cizích napětí. Jediný rozdíl je v tom, že se před měřič zbytkového napětí zařazuje speciální filtr s průběhem podle tzv. křivky A, který respektuje vlastnosti sluchu při malých hlasitostech, kdy ucho má, především při nižších kmitočtech menší citlivost. Takto získaný údaj je tedy optický příznivější a má prý lépe odpovídat skutečnému sluchovému vjemu.

3.8 Jmenovitý výstupní výkon

Jmenovitý výkon je takový, jaký je zesilovač schopen odevzdat na příslušné zatěžovací impedanci při vybuzení obou kanálů současně (u stereofonního zesilovače) a to signálem sinusového průběhu po dobu alespoň 10 minut. Tento výkon se nazývá též trvalým výkonem. Zkreslení signálu přitom nesmí u koncových zesilovačů překročit 0,7 %, u výkonových zesilovačů pak 1 %. Pro zařazení do třídy HI-FI je dále nutno, aby stereofonní zesilovač měl jmenovitý výkon nejméně 2*6 W, monofonní pak 10 W. Výstupní výkon se vypočítá ze vzorce:

$$P_{out} = \frac{U_{out}^2}{R_Z} \quad (4)$$

Kde: P_{out} je výstupní výkon [W]
 U_{out} - výstupní napětí [V]
 R_Z - zatěžovací impedance [Ω]

3.9 Hudební výstupní výkon

Je to výstupní výkon, kterého bychom dosáhli za výše uvedených podmínek, ale za současného předpokladu, že by napájecí napětí koncových stupňů zůstalo i při plném vybuzení obou kanálů na zcela stejné úrovni jako při chodu naprázdno. Z ekonomických i jiných důvodů to však nelze u běžných zesilovačů zajistit a tak je hudební výkon spíše papírovým údajem, který výrobci umožňuje udávat větší výkon, než jeho zařízení doopravdy má. Vychází se přitom z předpokladu, že při náhlém krátkodobém fortissimu zůstane po tuto dobu napájecí napětí na filtračních kondenzátorech napájecího zdroje zachováno. To by snad bylo možno připustit např. při náhlém úderu do bubnu, ale pokud fortissimo trvá několik desetin sekundy či déle, napájecí napětí se již spolehlivě zmenší.

3.10 Výkonová šířka pásma

Žádný zesilovač není schopen odevzdat jmenovitý výstupní výkon v nekonečně širokém přenosovém pásmu. Výkonovou šířkou pásma tedy označujeme dolní a horní kmitočet, při němž se již výstupní výkon zmenší na polovinu – pochopitelně při zachování základních podmínek zkreslení, tedy 0,7 příp. 1 %. DIN 45 500 stanoví, že výkonová šířka pásma musí být nejméně od 40 do 12 500 Hz.

Měří se zcela shodným způsobem jako při jmenovitém výstupním výkonu a zjišťuje se, při jakých mezních kmitočtech (za předpokladu zachování stanovené úrovně zkreslení) se výstupní výkon zmenší na polovinu (napětí na zatěžovacím odporu klesne tedy o 3 dB).

3.11 Vnitřní impedance zesilovače

Vnitřní impedance zesilovače (pozor, neplést s impedancí zatěžovací!) je závislá na konstrukci zesilovače (zpětné vazy apod.). Čím je vnitřní impedance menší, tím více jsou ztlumovány připojené reproduktory, což má příznivě působit na jakost reprodukce. DIN 45 500 předepisuje, že vnitřní impedance zesilovače smí být nejvýše 1/3 impedance zatěžovací, tedy např. u zesilovače se zatěžovací impedancí 4 Ω smí vnitřní impedance nejvýše 1,33 Ω . Často je zde používán i pojem činitel útlumu – v uvedeném případě by byl tedy činitel útlumu roven 3. Tato podmínka musí být zachována v kmitočtovém pásmu od 40 do 12 500 Hz.

Měření je poměrně jednoduché. Zesilovač nejprve vybudíme bez zatěžovacího odporu tak, aby napětí na výstupu odpovídalo přibližně výstupnímu napětí při jmenovitém výkonu. Pak beze změny vybuzení připojíme předepsaný zatěžovací odpor a kontrolujeme opět výstupní napětí, které se o něco zmenšilo.

Výstupní impedanci pak vypočítáme ze vzorce:

$$Z_i = \frac{U_1 - U_2}{U_2} R_Z \quad (5)$$

Kde: Z_i je hledaná vnitřní impedance [Ω]
 U_1 - napětí na výstupu naprázdno [V]
 U_2 - napětí na výstupu s připojeným zatěžovacím odporem [V]
 R_Z - zatěžovací odpor [Ω]

Činitel útlumu pak bude roven:

$$d = \frac{R_Z}{Z_i} \quad (6)$$

Kde: d je činitel tlumení [-]
 R_Z - zatěžovací odpor [Ω]
 Z_i - vnitřní impedance [Ω]

Skutečný vliv malé vnitřní impedance na jakost reprodukce je dost těžko prokazatelný. Tento parametr v praxi nebývá nutné kontrolovat, protože většina moderních zesilovačů ho nejen splňuje, ale běžně značně překračuje.

3.12 Vstupní impedance

Každý zesilovač je opatřen několika vstupy, umožňující připojit běžné zdroje nízkofrekvenčního signálu. Jsou to především tuner, magnetofon, gramofon s krystalovou přenoskou, gramofon s magnetodynamikou přenoskou, případně univerzální vstup. Ve většině případů je používáno tzv. připojení naprázdno, tzn., že zdroj nemá být připojením k příslušnému vstupu, má být nejméně třikrát, nebo ještě lépe pětkrát vyšší, než vnitřní odpor zdroje signálu. [1].

4 TŘÍDY NF ZESILOVAČŮ

Často se můžete setkat na stránkách nejrůznějších odborných časopisů s polemikou, která třída je pro NF zesilovače nejlepší. A tak jsou vychvalovány zesilovače ve třídě A, jiní výrobci naopak tvrdí, že třída B je to nejlepší, v současnosti se objevují i zapojení ve třídách B+C, D a jiných. O co však skutečně jde, to leckdy kupující z řad hudebníků vůbec netuší. Většina NF zesilovačů pracuje ve třídách A, B, nebo AB. S vyššími třídami (B+C), D se bohužel můžeme setkat pouze velmi vzácně.

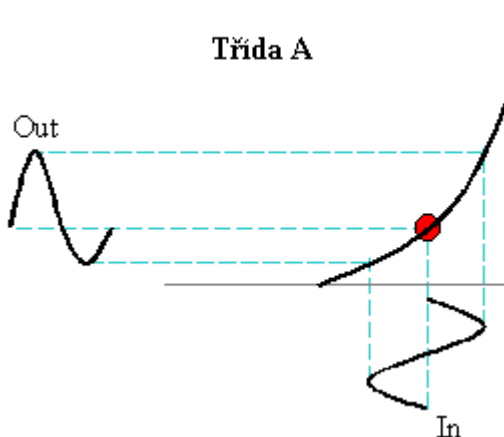
Pro rozbor problematiky použijeme zapojení s elektronkami, protože se s nimi v High-End technice setkáváme stále častěji, a podobné charakteristiky platí i pro tranzistory řízené polem - FET.

4.1 Princip jednotlivých tříd

Všechny principy tříd zesilovačů jsou odvozeny od nastavení pracovního bodu zesilovacího prvku - tranzistoru.

4.1.1 Princip třídy A

Červený bod je umístěný uprostřed převodní charakteristiky, tj. anodový proud stále protéká. Signálem *In* měníme jeho velikost a na pracovním anodovém odporu vzniká signál *Out*. Vidíme, že oproti vstupnímu signálu je zkreslený. Zkreslení bude tím menší, čím bude mít vstupní signál menší rozkmit. Proto třída A pracuje se zanedbatelným zkreslením pouze při velmi malých signálech. Pro velké signály bude již zkreslení značné a může dosahovat až hodnoty kolem 10 %. Jediná možnost, jak zkreslení snížit, je zavedení silné záporné zpětné vazby.

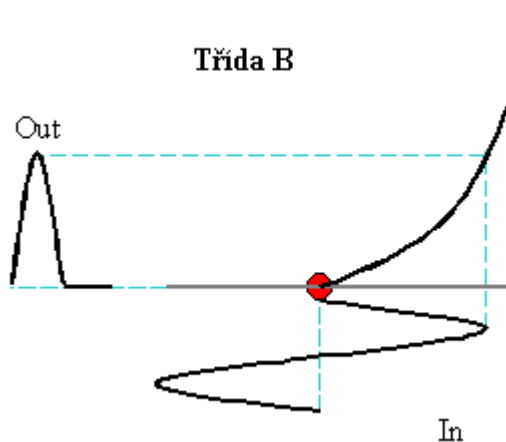


Obr. 3: Třída A

4.1.2 Princip třídy B

Zesilovač ve třídě B zesiluje každou půlvlnu zvlášť. Pracovní bod je nastaven těsně před bod otevření výkonové elektronky. Na „Obr. 4: Třída B“ vidíme, jak je zesílena kladná půlvlna. Zápornou půlvlnu zesilujeme tak, že nejdříve obrátíme její polaritu fázovým invertorem, osazeným například elektronkou ECC83 a výstup invertujeme vhodným zapojením výstupního transformátoru. Výhodou je mnohem vyšší účinnost, a to až 65 % oproti třídě A, kde nepřesáhne 10 %. Navíc zesilovač ve třídě A odebírá stále značný proud, i když není vůbec vybuzen, ve třídě B bez buzení žádný proud neprotéká. A tak pro výkon 100W použijeme buďto 2 ks EL34 ve třídě B nebo 8 ks EL34 ve třídě A. Navíc výstupní transformátor ve třídě A bude mít mnohem větší rozměry, protože musí mít vzduchovou

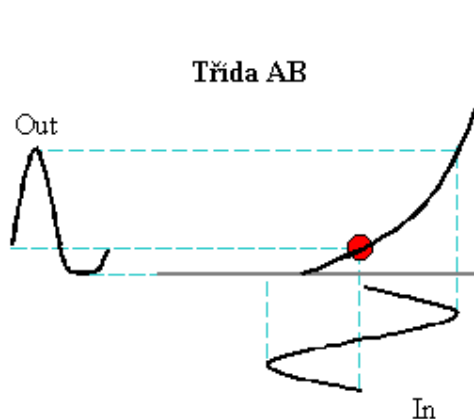
mezeru s ohledem na stejnosměrné sycení. Lampové zesilovače ve třídě B mají dle našeho názoru mnohem pěknější zvuk.



Obr. 4: Třída B

4.1.3 Princip ve třídě AB

Pracovní bod nenastavíme na počátek převodní charakteristiky, ale dovolíme, aby výkonovým stupněm tekł jistý klidový proud. V tomto případě ale musíme zajistit, aby jeho velikost byla stálá i při změně pracovních podmínek koncového stupně. U elektronek se mění převodní charakteristika v závislosti na velikosti anodového napětí, u tranzistorů je situace podobná - počátek převodní charakteristiky je závislý na teplotě čipu. Proto je nutná teplotní kompenzace klidového proudu. Pro dosažení vysokých výkonů je třeba třídu kombinovat a to nastavením napětového budiče do třídy A, výkonového budiče do AB a koncových tranzistorů do B.



Obr. 5: Třída AB

4.1.4 Třída AB + C

V mnoha případech nám nevyhovuje ani třída B, a to tam, kde požadujeme maximální možnou účinnost - výkony nad 1 kW, autozesilovače s omezenou možností chlazení atd.. Zesilovač má koncový stupeň konstruován tak, aby se při maximálním výkonu otvíraly další výkonové stupně, které zvýší napájecí napětí po dobu, kdy je požadován vysoký výkon. Zapojení dosahují energetické účinnosti kolem 80 %. Firma SEAC již má takovýto koncový stupeň v testovacím provozu.

Jistě jste si všimli faktu, že zesilovače velkého výkonu "hřejí" i při zpracování malého výkonu podstatně více, než zesilovače nízkého výkonu. Jev je způsobený napájením koncového stupně velkým napětím, a tak se podstatná část výkonu zdroje spotřebovává na ohřátí výkonových tranzistorů. Při plném výkonu jsou už poměry lepší, zesilovač je dokonce "chladnější" než při tzv. kritickém buzení, ležícím zhruba v polovině jmenovitého sinusového výkonu (uvažujeme přirozený hudební signál). Proto je energeticky výhodné napájet koncový stupeň ze zdroje nižšího napětí a vyšší napětí připínat pouze v případě potřeby vyššího výstupního výkonu. Tak je problém vyřešen např. u TDA7294V. Elegantnější je zapojení, ve kterém pracují koncové tranzistory téměř do limitace a poté jejich funkci převezmou tranzistory připojené na zvýšené napájecí napětí. Tak se výkonové ztráty rozloží na všechny tranzistory výkonového stupně. Protože do maximálního výkonu většinou nepracují zesilovače trvale, nároky na chlazení se prudce sníží.

4.1.5 Třída D

Nejlepší by ale bylo, aby koncové tranzistory nehřály vůbec. Jak bylo již výše uvedeno, klasický zesilovač má účinnost asi 60 %, zbývajících 40 % ohříváme chladič koncových tranzistorů. Koncové tranzistory zde pracují vlastně jako odpory, měnící svoji velikost na základě odchylky okamžité hodnoty na výstupu zesilovače od hodnoty požadované, která přichází na vstup. Uvažujme například kladnou půlvlnu. Je -li z nějakého důvodu na výstupu napětí menší než požadované, výkonové tranzistory kladné větve sníží svůj odpor a propustí na výstup vyšší proud, který na impedanci reproduktoru vyvolá vyšší napětí. Tranzistor se zahřívá. Musíme tedy hledat stav, ve kterém se tranzistor zahřívát nebude. Případ, kdy jím neteče žádný proud je nezajímavý.

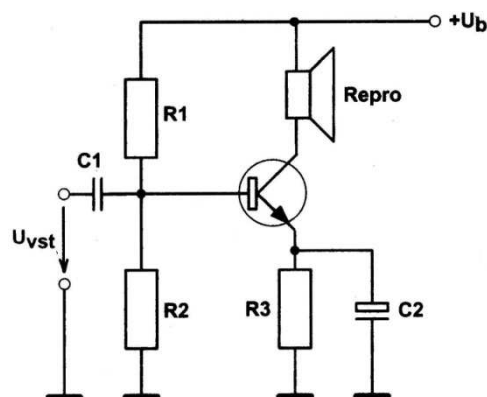
Druhý případ nastane, když jím sice proud protéká, ale jeho odpor je tak malý, že na něm vzniká pouze zanedbatelný úbytek napětí. To by ovšem znamenalo, že např. tranzistor v kladné větvi bude propouštět plné napájecí napětí do reproduktoru. Tento stav jistě nechceme. Lepší myšlenka je ale tranzistor sepnout na velmi krátkou dobu a způsobit tak jisté vychýlení membrány reproduktoru požadovaným směrem. Vychýlení bude úměrné časovému trvání tohoto impulsu. V případě, výskytu impulsu s periodickým opakováním, bude membrána vychýlena stále. Někdo sice může namítnout, že bude kmitat. Ano, ale pouze tehdy, je - li frekvence impulsu taková, aby to membrána stihla. V případě řízení šířky impulsu vstupním signálem, dosáhneme stejného efektu jako u klasického

zesilovače. Ovšem v praxi to tak jednoduché není. Frekvence impulsů by určitě způsobovala silné rušení. Proto je nutno spínací frekvenci odfiltrovat speciálním filtrem. Spínací frekvence musí být co možná nejvyšší, ale vzhledem k použitelnosti součástek je nutno volit kompromis. Pro použití běžných tranzistorů, samozřejmě typu MOS lepší použitelné frekvence někde v pásmu 100 kHz až 1 MHz. Nejnížší spínací kmitočet se dá stanovit z Shnnon - Kotělnikova kritéria. Podle něj nejvyšší kmitočet přenesený šířkovou modulací bude rovněž polovině kmitočtu modulačního. Budeme-li tedy chtít přenášet pásmo do 20 kHz, vyjde modulační frekvence 40 kHz. Tuto frekvenci by bylo ale velmi složité odfiltrovat. Proto je nutno zvolit spínací kmitočet co nejvyšší, nám se osvědčily frekvence mezi 100 – 200 kHz. Tak jako u všeho, i zde jsou jisté nevýhody:

- Pro nízké zkreslení je nezbytná linearizace pomocí záporné zpětné vazby. Tato vazba však nemůže být frekvenčně nezávislá, její hodnota musí klesat se vzrůstajícím kmitočtem. V oblasti vysokých kmitočtů se sice nemusíme obávat zkreslení, to bude "odfiltrováno" výstupní propustí. Zvedne se však úroveň šumu. Ten se však bude projevovat pouze ve výškách.
- Je větší možnost průniku vf rušení na výstup zesilovače. Proto by měla být konstrukce dobře stíněna nebo umístěna v plechové skříňce [4].

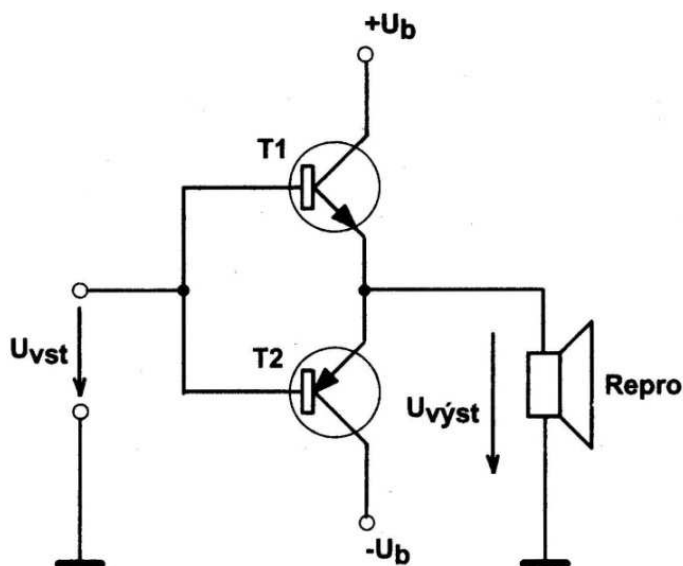
5 ZAPOJENÍ KONCOVÝCH STUPŇŮ ZESILOVAČE

Porovnáním různých zapojení koncových stupňů zjistíme, že se budou lišit hlavně nastavení klidového pracovního bodu. Na „Obr. 6: Principální schéma zesilovače pracujícího ve třídě A“ si prohlédneme schéma nejjednoduššího řešení koncového stupně. Je to jednočinné zapojení ve třídě A. Zátěž – reproduktor je zapojen do kolektorového obvodu koncového tranzistoru a protéká jím celý klidový proud tranzistoru. Abychom dosáhli optimálního vybuzení tranzistoru, musí být klidový proud nastaven na 0,5 násobek špičkového kolektorového proudu a to předpětím báze, neboli změnou rezistorů R1, R2. Hlavní výhoda zesilovačů, pracujících ve třídě A je jejich velmi malé zkreslení, nevýhodou je pak velmi špatná účinnost jen 25 %. V jednočinném zapojení protéká navíc reproduktorem stejnosměrný proud, který způsobuje jeho předmagnetizaci. Z toho důvodu se jednočinné zapojení ve třídě A používá jen v obvodech předzesilovačů.



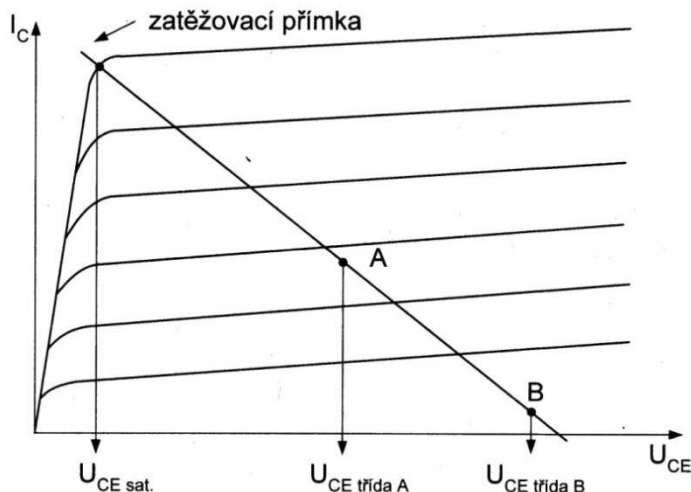
Obr. 6: Principální schéma zesilovače pracujícího ve třídě A

Podstatně vyššího výstupního výkonu dosáhneme zapojením podle „Obr. 7: Principální schéma protitaktního zapojení zesilovače pracujícího ve třídě B“. Koncový zesilovač zde tvoří komplementární dvojice tranzistorů ve dvojčinném zapojení emitorových sledovačů ve třídě B. Napájení je zde symetrické a zátěž je připojena přes spojené emitory obou tranzistorů na zem. Oba koncové tranzistory zde pracují bez předpětí. Přivedeme-li na vstup střídavý signál, budou se střídavě oba tranzistory otvírat po dobu jedné půlperiody.



Obr. 7: Principální schéma protitaktního zapojení zesilovače pracujícího ve třídě B

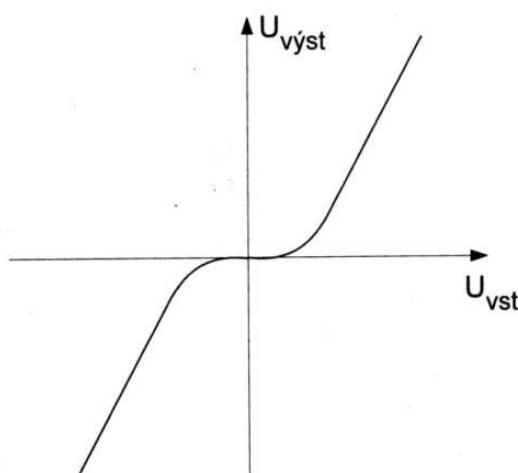
Z „Obr. 8: Převodní charakteristiky tranzistoru pro provoz ve třídě A a B“ tranzistoru je celá situace zřejmá: na ose x je napětí mezi kolektorem a emitorem U_{CE} , na ose y je kolektorový proud. Na zatěžovací přímce charakteristiky jsou vidět pozice pracovního bodu zesilovače ve třídě A a B. Jelikož tranzistory pracují bez předpětí, leží pracovní bod třídy B až na okraji zatěžovací přímky.



Obr. 8: Převodní charakteristiky tranzistoru pro provoz ve třídě A a B

Každý z tranzistorů zesiluje jen jednu půlvlnu. Vinou chybějícího předpětí se však tranzistory začnou otvírat až od asi 0,5 V mezi bází a emitorem. To způsobuje, že zesilovač, pracující ve třídě B má při malých signálech velké nelineární zkreslení.

To je také vidět z grafu závislosti vstupního a výstupního napětí „Obr. 9: Charakteristika $U_{\text{výst}} = f(U_{\text{vst}})$ pro provoz ve třídě B“. Pro nízké hodnoty vstupního napětí U_{CE} je charakteristika nelineární. V blízkosti nuly bude proud otevřeného tranzistoru malý a jeho vnitřní odpor velký. Z toho důvodu se mění výstupní napětí v této oblasti méně, než vstupní napětí. To je také příčinou zakřivení charakteristiky. Zkreslení, které zde vzniká, označujeme také jako přechodové zkreslení. Největší výhoda tohoto zapojení je v relativně velké účinnosti – asi 78,5 %. Maximální ztrátový výkon na tranzistorech T1 a T2 je jen 20 % výstupního výkonu.



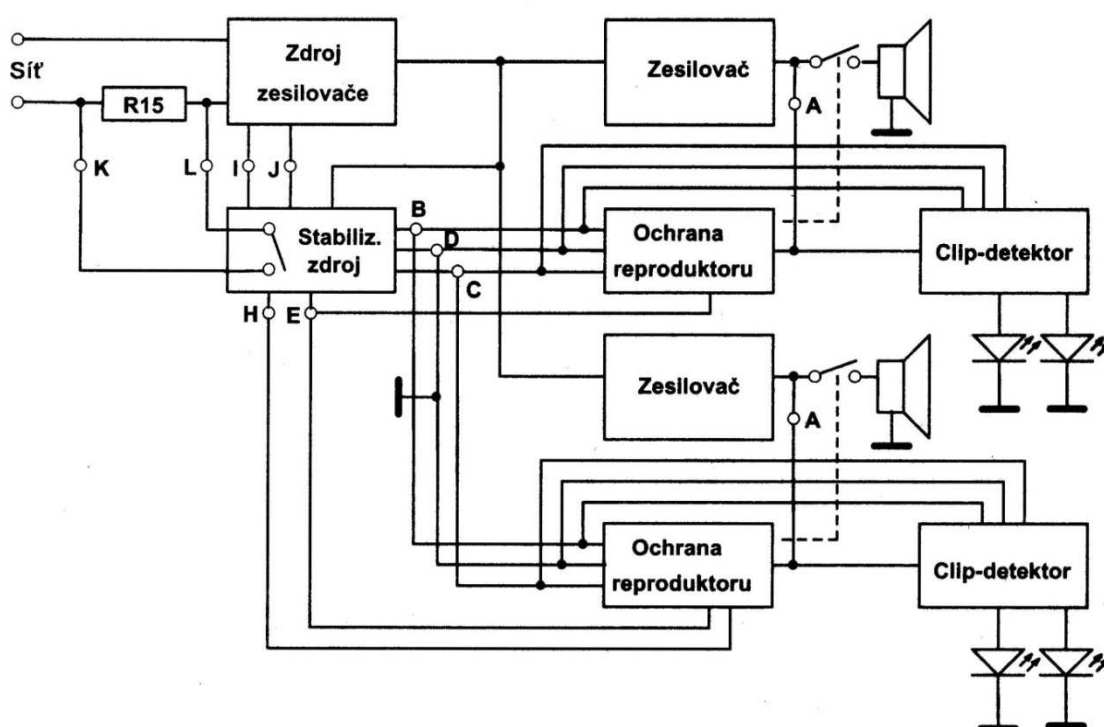
Obr. 9: Charakteristika $U_{\text{výst}} = f(U_{\text{vst}})$ pro provoz ve třídě B

Jak již bylo řečeno, je v protitaktním zapojení vždy jeden z tranzistorů vodivý. Toto však platí jen pro kmitočty, které jsou nízké ve srovnání s mezní frekvencí použitých tranzistorů, neboť tranzistor potřebuje určitý čas, aby vrátil z zavřeného stavu. Překročí-li rychlost nárůstu vstupního napětí tento čas, hrozí nebezpečí, že budou oba tranzistory ve vodivém stavu současně. To by vyvolalo tak velké proudy, že by se oba tranzistory zničily. Tento stav může také nastat, rozkmitají-li se oba tranzistory např. následkem nedodržení jistých konstrukčních zásad (dlouhé připojovací vodiče apod.), nebo připojením kapacitní zátěže. Proto platí: pečlivě pracovat, případně použít ochranné obvody, omezující destruktivní účinky nadproudu [3].

6 POMOCNÉ OBVODY ZESILOVAČŮ

Nízkofrekvenční zesilovač, který má splňovat nároky nejen na kvalitní reprodukci, ale i bezpečnost vlastního provozu i připojených reproduktorových soustav může být rozšířen o pomocné obvody, které tento bezpečný provoz a provozní komfort zajistí. Tyto obvody mohou být různé konstruované, nejsou pro funkci zesilovače zcela nezbytné a jsou funkčně zcela samostatné.

Na blokovém schématu „Obr. 10: Blokové schéma zapojení ochran reproduktorů a clip-detektorů“, najdete způsob připojení ochran reproduktorů a tzv. clip-detektorů neboli detektorů limitace při přebuzení zesilovače. Funkci těchto pomocných obvodů si podrobně rozebereme v následujících odstavcích.



Obr. 10: Blokové schéma zapojení ochran reproduktorů a clip-detektorů

První nežádoucí jev, zvláště u výkonnějších zesilovačů, řekněme u výkonů vyšších než asi 250 W, je velký náběhový proud zdroje v okamžiku připojení na síť. Tento proud může být tak velký, že může vypnout i jistič 10 A, který jistí zásuvkové okruhy vašeho bytu. Tento proudový náraz, způsobený hlavně nabíjením filtračních kondenzátorů velké kapacity ve zdroji se po chvíli ustálí na jmenovitou hodnotu odebíraného proudu. Pro omezení tohoto proudového nárazu je třeba do série s primárním vinutím síťového transformátoru zapojit omezovací rezistor a to na okamžik, po který tento proudový náraz trvá. Časové relé, které sepne s časovým zpožděním tak po chvíli tento omezovací rezistor přemostí, takže primár síťového transformátoru bude nyní připojen přímo na napětí sítě.

Obvody ochrany reproduktorů mají především zamezit zničení reproduktorů v případě výskytu stejnosměrného napětí na výstupu zesilovače. Další funkci těchto obvodů je zpožděné připojení reproduktorů po zapnutí zesilovače, které by se projevilo silným lupnutím v reproduktorech. Při vypnutí zesilovače naopak musí nejprve dojít k odpojení reproduktorů.

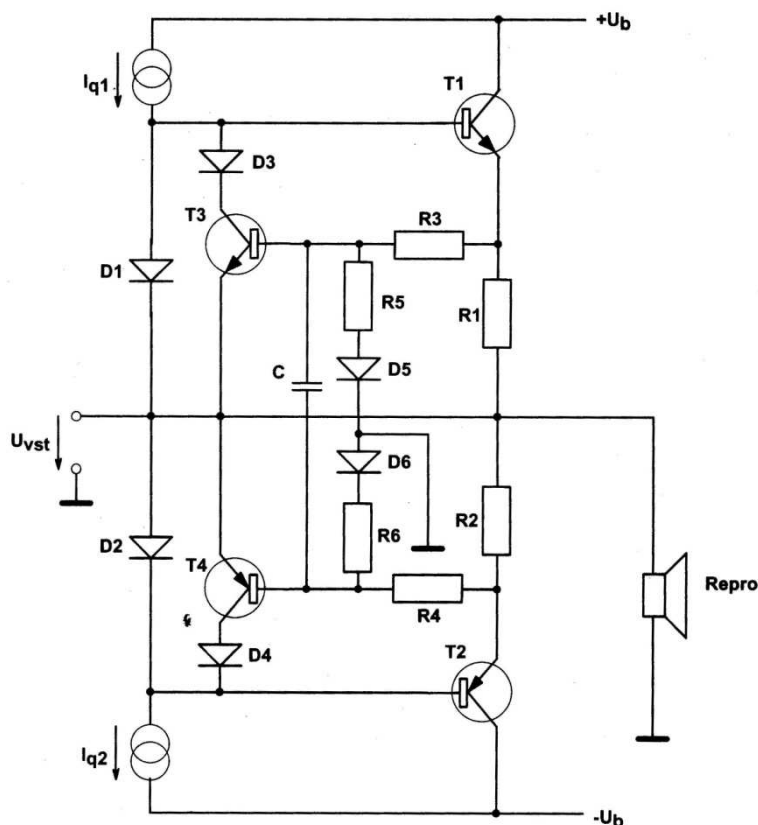
Clip-detektor naproti tomu je obvod, který umožňuje svitem první LED diody na skutečnost, že se výkon do zátěže blíží maximálnímu výkonu zesilovače, v případě rozsvícení druhé LED diody, že výkon již dosahuje prahu limitace, což je nežádoucí jev, projevující se silným zkreslením reprodukce – špičky amplitudy výstupního signálu jsou ořezány, takže místo sinusového průběhu bychom na osciloskopu mohli pozorovat průběh, blížící se až téměř obdélníkovému. Vzhledem k velkému obsahu harmonických kmitočtů takového průběhu jsou ohroženy přetížením zvláště výškové, případně i středové reproduktory [3].

7 ELEKTRONICKÉ PROUDOVÉ OMEZENÍ

Nízkofrekvenční výkonové zesilovače jsou vzhledem k nízkému zatěžovacímu odporu lehce přetížitelné, přičemž může dojít k jejich zničení. Z tohoto důvodu je vhodné aplikovat zapojení proudového omezení. Existuje více způsobů jak toho dosáhnout. Nejúčelnější se jeví zapojení proudového omezení, závislého na amplitudě budícího napětí.

Vypočítáme-li ztrátový výkon pro $U_{\text{výst}} = 0 \text{ V}$, tedy pro zkrat na výstupu při plném vybuzení, vyjde nám hodnota, která je asi pětikrát vyšší, než při normálním provozu. Na tento ztrátový výkon by musely být dimenzovány koncové tranzistory a jejich chladiče, aby s jednoduchým proudovým a amplitudově nezávislým omezením byly skutečně odolné proti trvalému zkratu na výstupu. Abychom na tomto předimenzování, za předpokladu provozu bez zkratu na výstupu ušetřili, použijeme zapojení proudového omezení, závislého na amplitudě budícího signálu. Jak takové zapojení vypadá v praxi, ukazuje „Obr. 11: Amplitudově závislé proudové omezení koncového stupně“. Proudové omezení nyní není nastaveno na maximální proud $I_{\text{výst(max)}}$, ale na výstupní proud $I_{\text{výst}} = U_{\text{výst}}/R_v$, závisí

tedy na výstupním napětí. Maximální proud v případě zkratu ($U_{\text{výst}} = 0 \text{ V}$) pak může být zvolen přiměřeně malý. V praxi to vypadá tak, že se vypočítá proudové omezení pro zatěžovací impedanci (např. 8W), takže nelze pak k tomuto zesilovači připojit zátěž o podstatně nižší impedanci a využít tak plného výkonu zesilovače. To je tedy cena za ochranu proti zničení zesilovače [3].



Obr. 11: Amplitudově závislé proudové omezení koncového stupně

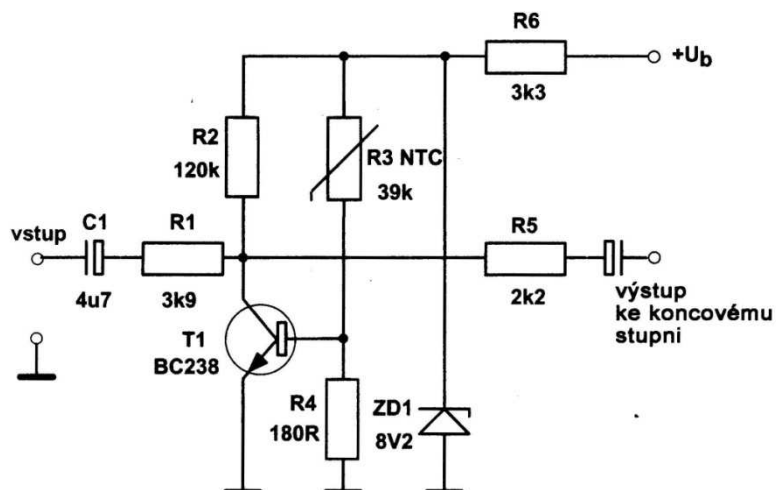
8 ZAPOJENÍ OCHRANY ZESILOVAČE PROTI TEPELNÉMU PŘETÍŽENÍ

Zapojení termické ochrany zesilovače má za úkol hlídat provozní teplotu koncových tranzistorů a při dosažení kritické hodnoty omezit výstupní výkon, případně koncový stupeň, nebo celý napájecí zdroj vypnout. Tato ochrana tedy v konečném důsledku může zachránit koncový zesilovač před zničením přehřátím.

Jak může jednoduchá verze takové ochrany vypadat, ukazuje „Obr. 12: Termická ochrana zesilovače s termistorem NTC“. Jedná se o ochranné zapojení s termistorem R3, který je montován na chladič koncových tranzistorů. Zapojení je vloženo do signálové cesty. Při zvýšení teploty chladiče nad přípustnou mez se sníží odpor termistoru natolik, že se začne otvírat tranzistor T1 a tlumí tím

procházející nízkofrekvenční signál. Přes rezistor R2 je na kolektoru T2 takové napětí, že ani při záporných půlvlnách signálu nemohou otevřít přechod kolektor – báze. Rezistor R6 a dioda D1 stabilizují napájecí napětí obvodu. Je-li stabilizované napětí již k dispozici, tyto dvě součástky samozřejmě odpadnou.

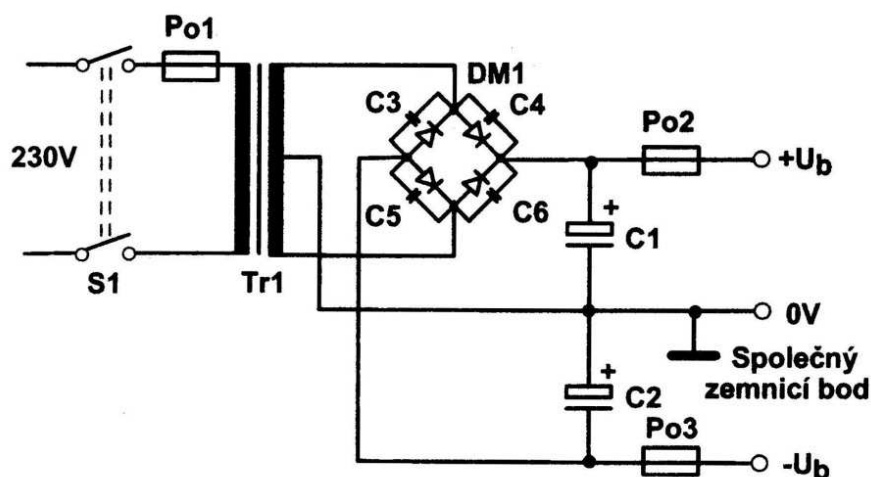
Zapojení lze využít i např. k řízení ventilátoru. Nepodaří-li se dosáhnout omezení procházejícího signálu, volíme pro R2 nižší ohmickou hodnotu [3].



Obr. 12: Termická ochrana zesilovače s termistorem NTC

9 NAPÁJECÍ ZDROJE ZESILOVAČŮ

Nízkofrekvenční zesilovače jsou většinou napájeny symetrickým napětím „Obr. 13: Základní zapojení zdroje symetrického napětí“. Zapojení těchto zdrojů je klasické: za sítovým vypínačem je připojen sítový transformátor se symetrickým sekundárním vinutím. U kvalitnějších zapojení zesilovačů mají sítové transformátory mezi primárním a sekundárním vinutím vloženou stínící folii. Ta zabraňuje průniku různých rušivých impulzů ze sítě do obvodů za sekundárem. Následuje můstkový diodový usměrňovač, příp. čtyři jednotlivé diody zapojené do můstku. Ke každé z diod je paralelně připojen odrušovací kondenzátor, který filtruje rušivé složky, které by mohly vznikat při usměrnění střídavého napětí. Střed sekundárního vinutí připojujeme na společný zemní bod. Toto by mělo být jediné místo, kde se všechny vodiče se zemním potenciálem spojí s kovovou kostrou skřínky zesilovače. Nedodržení této zásady přináší obvykle těžce odstranitelné problémy se sítovým brumem v reprodukci.



Obr. 13: Základní zapojení zdroje symetrického napětí

Protože zapojení symetrických zdrojů je pro všechny zesilovače shodné (mimo zesilovače 10 W ve třídě A), liší se pouze hodnotami použitých součástek, „Tab. 1: Hodnoty použitých součástek pro monofonní zesilovače“. Pro napájení stereofonních zesilovačů budou některé součástky dimenzovány na dvojnásobný výkon „Tab. 2: Hodnoty použitých součástek pro stereofonní zesilovače“ [3].

Tab. 1: Hodnoty použitých součástek pro monofonní zesilovače

Zesilovač	P1	Tr1	DM1	C1, C2	Po1, Po2	Pozn.
40 W	T 0,4 A	230/2*22 V, 50 VA	B80C3700	4700 μ F/40 V	T 2 A	-
60 W	T 0,8 A	230/2*22 V, 80 VA	B80C5000	2200 μ F/40 V	T 2 A	-
70 W	T 0,8 A	230/2*22 V, 80 VA	B80C5000	4700 μ F/40 V	T 2 A	-
200 W	T 2,0 A	230/2*35 V, 250 VA	B80C7000	6800 μ F/63 V	T 4 A	1.
350 W	T 2,5 A	230/2*50 V, 500 VA	KBPC2501W	10000 μ F/100 V	T 5 A	1.

Pozn. 1: Pojistky jsou umístěny na plošném spoji zesilovače

Tab. 2: Hodnoty použitých součástek pro stereofonní zesilovače

Zesilovač	P1	Tr1	DM1	C1, C2	Po1, Po2	Pozn.
40 W	T 1,00 A	230/2*22 V, 100 VA	B80C5000	10000 μ F/40 V	T 2 A	-
60 W	T 1,25 A	230/2*22 V, 150 VA	B80C5000	4700 μ F/40 V	T 2 A	-
70 W	T 1,25 A	230/2*22 V, 80 VA	B80C7000	10000 μ F/40 V	T 2 A	-
200 W	T 2,50 A	230/2*35 V, 400 VA	KBPC1001W	10000 μ F/63 V	T 4 A	1.
350 W	T 4,00 A	230/2*50 V, 700 VA	KBPC2501W	10000 μ F/100 V	T 5 A	1.

Pozn. 1: Pojistky jsou umístěny na plošném spoji zesilovače

10 INTEGROVANÉ VÝKONOVÉ ZESILOVAČE

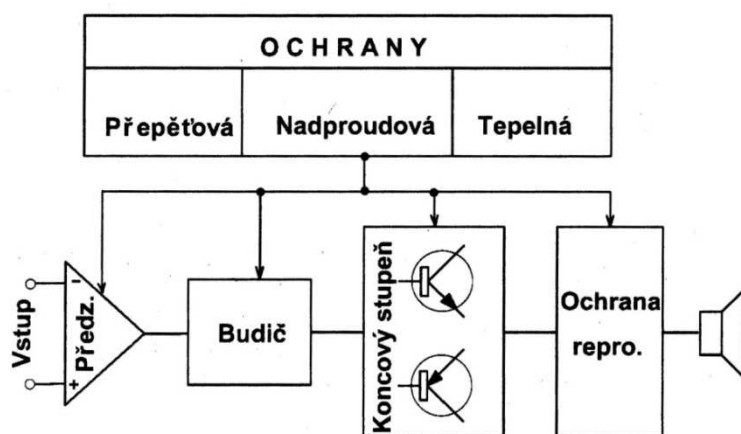
Historie integrovaných zesilovačů začíná v době asi před třiceti lety, kdy se první z této nyní početné rodiny objevil na trhu. Do této doby byly používány výhradně konstrukce s diskrétními součástkami. Výhody integrovaných zesilovačů, jako např. vysoká hustota součástek a tím i minimální rozměry, vysoká spolehlivost a jednoduchá montáž přispěly k jejich rychlému rozšíření. K tomu dále přispěla jejich masová produkce a tím i stále se snižující ceny.

Používání integrovaných zesilovačů vedlo dále ke zlepšování technických parametrů přístrojů spotřební elektroniky, k jejich vyšší spolehlivosti, zmenšování jejich rozměrů a poměru výkonu k ceně. Pro konstruktéry představuje použití integrovaných výkonových zesilovačů také snížení celkového počtu elektronických součástek. Všechny tyto výhody však končí na výstupních výkonech, kterých je možno s použitím integrovaných zesilovačů dosáhnout. I zde se hranice možností posouvá k vyšším výkonům, které dnes dosahují hodnot 60 – 100 W v můstkovém zapojení. Pokud se však zajímáme o nejmenší možné zkreslení nízkofrekvenčního zpracovaného signálu, případně frekvenčního rozsahu zesilovače, budeme parametry integrovaných zesilovačů v tomto ohledu poněkud zklamáni.

Nejvyšších kvalitativních parametrů lze dosáhnout pouze v zapojení s diskrétními součástkami. Tuto třídu zesilovačů pak označujeme jako High-End.

Přesto tvoří zařízení s integrovanými zesilovači nejpočetnější skupinu konstrukcí, a to i amatérských, právě z důvodu jednoduchosti a přijatelné ceny.

Na blokovém schématu „Obr. 14: Blokové schéma integrovaného zesilovače“ si objasníme, co se v pouzdru integrovaného zesilovače skrývá a jak funguje. Všeobecně nalezneme za vstupní svorkou obvodu předzesilovač, následovaný budícím a koncovým stupněm. K tomu připočteme četné ochrany, např. proti přepětí, zkratu a teplotnímu přetížení, jakož i napájecí, případně stabilizační obvody některých zesilovacích stupňů. Vnitřní zapojení integrovaných zesilovačů se podobá mnohdy zapojení operačních zesilovačů ovšem s rozdíly odpovídajícími požadovaným parametrům, jako jsou např. výstupní výkon a frekvenční rozsah. První skupina integrovaných zesilovačů, která se před 20 až 30 lety na trhu objevila, dosahovala výkonu do max. 5 W, přičemž o nějaké kvalitě reprodukce nemohla být řeč.



Obr. 14: Blokové schéma integrovaného zesilovače

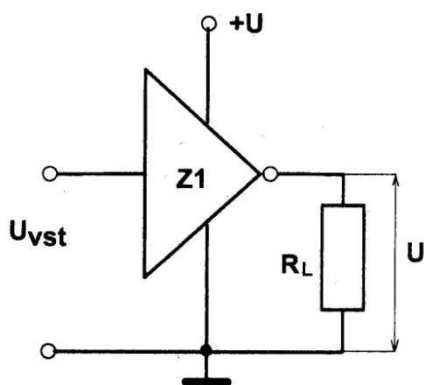
Tím byl položen základ k vývoji výkonnějších integrovaných zesilovačů. Dnes nejpoužívanější skupina integrovaných zesilovačů dosahuje výkonu okolo 20 W při celkem slušných hodnotách zkreslení (běžně v desetinách %). Zvyšování jmenovitého výkonu zesilovačů mělo za následek i zvyšování ztrátového výkonu, což představuje problém s dostatečným odvodem tepla, vznikajícího na nepatrné ploše čipu. Toto musí být odvedeno s minimálním teplotním odporem na chladiči a vyzářeno do okolí. U prvních integrovaných zesilovačů v pouzdech typu DIL se vznikající teplo odvádělo plochými vývody, které se připájely na měděné plošky plošného spoje, nebo se pouzdro připevnilo na malý chladič. Touto metodou odvodu tepla však nemohl být dosaženo vyššího výstupního výkonu, než zmíněných 5 W. Vložením měděné destičky s čipem do pouzdra DIL mohl teplotní odpor pouzdra dále klesnout až asi na 3 K/W (např. obvod MDA2020). Výpočty chladičů jsou zde již prakticky shodné s návrhy chladičů pro diskrétní obvody.

Protože stávající pouzdra integrovaných zesilovačů již nevyhovovaly např. pro komplikovaný způsob montáže, vznikly nové druhy pouzder, jako SIL (Single In Line) s vývody v jedné nebo dvou řadách nebo varianty pouzdra TO220 (Pentawatt, Multiwatt) s pěti nebo jedenácti vývody (např. TDA2005). Teplotní odpory, kterých je, zde dosahováno bývají v relacích 2-3 K/W, což umožňuje

bezproblémové chlazení odpovídajícím profilovým chladičem nebo kouskem plechu, eventuálně přímou montáž na zadní plechový panel zesilovače.

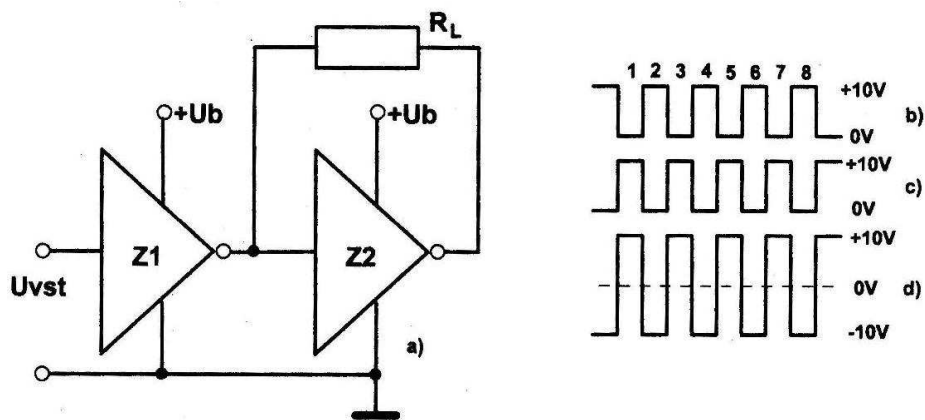
Při požadavku na maximální výstupní výkon zesilovače můžeme použít tzv. můstkové zapojení, jehož princip si nyní objasníme. Jak je tomu s definicí výstupního výkonu jednoduchého zesilovače ukazuje „Obr. 15: Měření vstupního výkonu zesilovače“. Na ohmické zátěži o jmenovitém odporu R_L vznikne úbytek napětí U .

Pro úplnost je třeba dodat, že se jedná o špičkovou hodnotu napětí a tím i špičkovou hodnotu výkonu.



Obr. 15: Měření vstupního výkonu zesilovače

Pro zapojení zesilovačů do můstku potřebujeme dva shodné zesilovače „Obr. 16: Můstkové zapojení zesilovače“. K výkladu zvýšení výkonu si vezmeme obr. 16a. Na levém vývodu zatěžovacího odporu bude napětí dle obr. 16b, měřené proti zemi, zatímco pravý konec tohoto odporu je připojen na výstupu zesilovače Z2, kde je napětí v protifázi obr. 16c. Napětí na zátěži je tedy rovno výstupním napětím obou zesilovačů Z1 a Z2 obr. 16d. Jelikož se výkon dle Ohmova zákona vyjadřuje jako druhá mocnina napětí, bude při dvojnásobku napětí výkon zvýšen čtyřikrát [2]



Obr. 16: Můstkové zapojení zesilovače

11 VLASTNÍ PRŮZKUM TRHU

11.1 Autozesilovače

11.1.1 Autozesilovač JENSEN PS 1220M

Vhodný pro buzení auto-subwooferů.

Obchod: DEXON

Cena: 3 620 Kč

Technické parametry [5] :

- počet kanálů: 1
- výstupní výkon: 1 x 220 W rms / 4 Ω , 1 x 265 W rms / 2 Ω
- minimální zátěž: 2 Ω
- frekvenční rozsah: 10 – 200 Hz
- vestavěná výhybka: 40 – 200 Hz se strmostí 12 dB
- tepelná a elektronická pojistka s indikací
- jištění: 2 x 20 A
- vstup a výstup Line konektory Cinch
- reproduktorový vstup
- regulace hlasitosti a dělicí frekvence výhybky
- dálkové ovládání
- rozměry: 286 x 302 x 55,5 mm



Obr. 17: Autozesilovač JENSEN PS 1220M

11.1.2 Autozesilovač MAGNAT Black Core Two

Obchod: HIFISHOP

Cena: 3 590 Kč

Technické parametry [7]:

- počet kanálů: 2, 1
- výkon zesilovače: 2 x 200 W / 1 x 600 W, 2 x 65 W / 1 x 200 W
- frekvenční rozsah: 5 – 50 000 Hz
- přepínání stereo/mono
- vysoko kapacitní hliníkové chlazení
- odstup signál/šum: 100 dB
- zelená a červená LED kontrolka provozu a ochrany
- rozměry: 234 x 54 x 215 mm
- hmotnost: 2,1 kg



Obr. 18: Autozesilovač MAGNAT Black Core Two

11.1.3 Autozesilovač BX 4055 SAL

Obchod: GM Electronic

Cena: 1 270 Kč

Technické parametry [8]:

- počet kanálů: 4
- výstupní výkon: 4 x 75 W (2 Ω)/4 x 55 W (4 Ω)
- výstupní impedance: 2/4 Ω
- širokopásmový přenos frekvence: 30 - 40 000 Hz
- zvyšování výkonu transformátorem
- vysokoúrovňové vstupy
- pozlacené přípojky
- rozměry: 245 x 51 x 193 mm



Obr. 19: Autozesilovač BX 4055 SAL

11.1.4 Autozesilovač WRX 2090 SAL

Obchod: GM Electronic

Cena: 1 505 Kč

Technické parametry [8]:

- počet kanálů: 2,1
- výstupní výkon: 180 W (2 x 90 W) / 2 x 4 Ω , 280 W (2 x 140 W) / 2 x 2 Ω , 270 W / 1 x 4 Ω
- regulovatelná elektronika pro zvýraznění basů
- 3 režimy výhybky: pro pohon basových, středobasových + výškových a širokopásmových reproduktorů
- regulovatelná dělicí frekvence
- regulátor hlasitosti
- nízko a vysokoúrovňový vstup
- výstup pro připojení dalšího zesilovače
- stereo/mono přepínač
- rozměry: 212 x 60 x 248 mm



Obr. 20: Autozesilovač WRX 2090 SAL

11.1.5 Autozeslovač XPRO 8000 SAL

Obchod: GM Electronic

Cena: 3 249 Kč

Technické parametry [8]:

- počet kanálů: 4, 3, 2
- výstupní výkon: 4 x 140 W ($2\ \Omega$) , 4 x 90 W ($4\ \Omega$)
- možnost zapojení do můstku: 2 x 250 W ($4\ \Omega$)
- regulovatelná elektronika na zvýraznění basů
- 3 režimy výhybky: pro basové, středobasové+výškové a širokopásmové reproduktory
- regulovatelný dělicí kmitočet
- regulace hlasitosti
- výstup pro zapojení dalšího zesilovače
- pozlacené přípojky
- rozměry: 270 x 58 x 420 mm



Obr. 21: Autozesilovač XPRO 8000 SAL

11.1.6 Autozesilovač ALPINE PDX-5

Obchod: ALZA

Cena: 11 159 Kč

Technické parametry [6]:

- typ zesilovače: třída-D
- provedení programů: 4 kanály + 1 kanál (Mono)
- ochrana: proudová, přepět'ová a teplotní kontrola
- povlak konektoru: pozlacený vstup, výstup, napájecí a reproduktorový terminál
- maximální výkon: 760 W
- ladění zvuku
- požadavky výkonu: 14.4 V DC (11V to 16V)
- citlivost výstupu: 0.2 - 4.0 V
- frekvenční odezva: 20 - 20 000 Hz (0, -1dB) pro 4 CH, 20 - 200 Hz (200 Hz, -3 dB)
- celková impedance reproduktoru: 4 nebo 2 Ω
- odstup signál/šum: 100 dB
- rozměry: 257 x 62 x 192 mm
- hmotnost: 3,11 kg



Obr. 22: Autozesilovač ALPINE PDX-5

11.1.7 Autozesilovač ALPINE PDX-4.100

Obchod: ALZA

Cena: 8 519 Kč

Technické parametry [9]:

- počet kanálů: 4, 3, 2
- konstrukce s největším poměrem výkon/objem
- ochrana před vysokou teplotou a nadproudová ochrana
- nastavitelná výhybka
- rychlé repro-svorky
- stejný výkon do 2 i 4 Ω
- odstup signál/šum 96 dB
- maximální výkon: 800 W, 4 x 100 W RMS (2 Ω , 14.4 V, 1 % THD)
- kmitočtový rozsah: 20 Hz - 200 Hz (20 Hz +/-1 dB, 200 Hz – 3dB)
- dělicí kmitočet: 50 Hz - 400 Hz (-24 dB/okt)
- vstupní citlivost (V/na 10 k Ω) 0.2 - 4.0 V
- rozměry: 257 x 192 x 62 mm
- hmotnost: 3,11 kg



Obr. 23: Autozesilovač ALPINE PDX-4.100

11.1.8 Autozesilovač AAM 2.1

Obchod: DERAMAX

Cena: 2 059 Kč

Technické parametry [10]:

- sinusový výkon: $2 \times 70 \text{ W}/4 \Omega + 1 \times 200 \text{ W}/4 \Omega$, nebo $1 \times 200 \text{ W}/4 \Omega$ (můstek) + $1 \times 200 \text{ W}/4 \Omega$
- kmitočtový rozsah: 20 – 20 000 Hz
- odstup signál/šum: 85 dB
- vstup: 0,25 V - 0,6 V
- přepěťová, tepelná a ochrana proti zkratu na výstupu
- třetí kanál pouze SUBBASS
- dálkové zapnutí
- rozměry: 255 x 300 x 53 mm



Obr. 24: Autozesilovač AAM 2.1

11.1.9 Autozesilovač AMP 2200

Obchod: DERAMAX

Cena: 3 016 Kč

Technické parametry [10]:

- výkon: 2x200W/4 Ω nebo 1x600W/4 Ω - můstek (při 14,4V)
- zkreslení max.0,5%
- citlivost: 150 mV – 2 V
- odstup signál/šum: 90 dB
- kmitočtový rozsah: 20 - 40 000 Hz nebo 20 - 180 Hz
- regulace zisku
- řízená dolní propust
- ochrany: tepelná, přepětíová a proti zkratu
- dálkové zapnutí
- rozměry: 252 x 450 x 58 mm



Obr. 25: Autozesilovač AMP 2200

11.1.10 Autozesilovač ARX 300

Obchod: DERAMAX

Cena: 1 756 Kč

Technické parametry [10]:

- sinusový výkon: 1x300W/4 Ω
- kmitočtový rozsah: 10 – 30 Hz, 10 – 180 Hz
- odstup signál/šum: 90 dB
- přepěťová, tepelná a ochrana proti zkratu na výstupu
- přepínatelné propusti: dolní - , horní -
- dálkové zapnutí
- rozměry: 260 x 250 x 53 mm



Obr. 26: Autozesilovač ARX 300

11.1.11 Autozesilovač PIONEER GM-6400F

Obchod: ADART – ELEKTRO

Cena: 5 692 Kč

Záruční doba: 24 měsíců

Technické parametry [11]:

- počet kanálů: 4
- výkon na jeden kanál: 60 W
- maximální výstupní výkon: 4 x 120W nebo 2 x 300W (4Ω)
- trvalý výstupní výkon: 4 x 60W (4 Ω), 2 x 150W (můstkové zapojení), 4 x 75W (2 Ω)
- reproduktorové svorky: šroubovatelné
- zkreslení < 0,03 %
- kmitočtový rozsah: 10 - 50 000 Hz
- rozměry: 265 x 62 x 346 mm
- hmotnost: 3.80 kg



Obr. 27: Autozesilovač PIONEER GM-6400F

11.1.12 Autozesilovač PIONEER GM-3300T

Obchod: ADART – ELEKTRO

Cena: 3 793 Kč

Záruční doba: 24 měsíců

Technické parametry [11]:

- počet kanálů: 2
- výkon na jeden kanál: 120 W
- maximální výkon: 2 x 120 W nebo 1 x 300W (4 Ω)
- odstup signál/šum: 100 dB
- konstantní výkon (RMS) 14.4 V (20 Hz-20 kHz/4 Ω): 2 x 60 W / 1 x 150 W (přemostěním);
14.4 V (20 Hz – 20 000 Hz/2 Ω): 2 x 75W
- zkreslení 0,008 %
- připojení šroubováním
- vstupní napětí: 400 mV - 6.5 V
- rozměry 300 x 60 x 194 mm
- hmotnost 2.4 kg



Obr. 28: Autozesilovač PIONEER GM-3300T

11.1.13 Autozesilovač BLAUPUNKT THA 1250 PnP

Obchod: ADART – ELEKTRO

Cena: 8 991 Kč

Záruční doba: 24 měsíců

Technické parametry [11]:

- ekvalizér: ne
- vstupy: cinch, high-level
- počet kanálů: 1
- maximální výkon: 1 x 500
- kmitočtový rozsah: 10 - 30 000 Hz
- dolní propust: 10 - 250
- horní propust: 50 - 250
- rozměry: 159 x 41 x 260 mm



Obr. 29: Autozesilovač BLAUPUNKT THA 1250 PnP

11.1.14 Autozesilovač BLAUPUNKT GTA 480

Obchod: ADART – ELEKTRO

Cena: 4 491 Kč

Záruční doba: 24 měsíců

Technické parametry [12]:

- počet kanálů: 4
- výkon na jeden kanál: 160 W
- max. celkový výkon: 850 W
- maximální výkon: 4 x 160 W/2 x 425 W
- vstup předzesilovače: Cinch/High-level/Aux
- kmitočtová charakteristika: 10 – 35 000 Hz
- dolní propust: 50 - 250
- horní propust: 50 - 250
- rozměry: 353 x 53 x 269 mm



Obr. 30: Autozesilovač BLAUPUNKT GTA 480

11.1.15 Aut zesilovač SONY XM-ZR604

Obchod: ADART – ELEKTRO

Cena: 2 500 Kč

Záruční doba: 24 měsíců

Technické parametry [12]:

- počet kanálů: 4,3
- výkon na jeden kanál: 60 W
- výkon 4 x 60 W/ 2 x 60 W + 1 x 130 W (4 Ω)
- nastavitelná propustnost nízkých a vysokých frekvencí
- zlatené konektory
- odstup signál/šum 100 dB



Obr. 31: Autozesilovač SONY XM-ZR604

11.2 ZESILOVAČE

11.2.1 Zesilovač DENOM PMA-510AE B

Obchod: KORUNKA

Cena: 6 890 Kč

Technické parametry [13]:

- jmenovitý výkon: 2 x 70 W
- kmitočtový rozsah: 5 – 10 000 Hz
- odstup signál/šum: 105 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- výkon 2×45 W 8 Ω / 2×70 W 4 Ω
- nastavení basů a výšek
- micro-procesor pro vysokou kvalitu zvuku
- hlavní transformátor pro oddělení napájení analogových a digitálních obvodů
- kvalitní konstrukce pro optimální zvuk
- sluchátkový výstup
- hliníkový přední panel
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 434 x 121 x 307 mm
- hmotnost 6.5 kg



Obr. 32: Zesilovač DENOM PMA-510AE B

11.2.2 Zesilovač DENON PMA-710AE SP

Obchod: KORUNKA

Cena: 10 890 Kč

Technické parametry [13]:

- jmenovitý výkon: 2 x 85 W
- kmitočtový rozsah: 5 - 100 000 Hz
- odstup signál/šum: 107 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- výkon 2×85 W / 4 Ω, 2×50 W / 8 Ω
- hlavní transformátor pro oddělení napájení analogových a digitálních obvodů
- nastavení basů a výšek
- micro-procesor pro vysokou kvalitu zvuku
- sluchátkový výstup
- dálkové ovládání
- připojení 2. páru reprosoustav
- rozměry: 434 x 121 x 307 mm
- hmotnost: 6.7 kg



Obr. 33: Zesilovač DENON PMA-710AE SP

11.2.3 Zesilovač HARMAN/KARDON HK 980

Obchod: KORUNKA

Cena: 12 190 Kč

Technické parametry [13]:

- jmenovitý výkon: 2 x 80 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 170 000 Hz
- odstup signál/šum: 109 dB
- linkové vstupy: 7
- linkový výstup: 2
- max. stálý proud (HCC, stereo) 80 A
- digitální zobrazení úrovně výstupního signálu na displeji přístroje
- regulace výšek a basů pomocí dálkového ovladače
- reproduktorové terminály s možností připojení banánků
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 440 x 116 x 392 mm
- hmotnost 12.7 kg



Obr. 34: Zesilovač HARMAN/KARDON HK 980

11.2.4 Zesilovač MARANTZ PM5003 SG

Obchod: KORUNKA

Cena: 9 490 Kč

Technické parametry [13]:

- jmenovitý výkon: 2 x 55 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 50 000 Hz
- odstup signál/šum: 100 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- výkon 2×40 / 8 Ω , 2×55 / 4 Ω
- symetrická obvodová architektura
- kovový čelní panel
- sluchátkový výstup
- dálkové ovládání
- připojení 2. páru reprosoustav
- rozměry: 440 x 104 x 369 mm
- hmotnost 6.7 kg



Obr. 35: Zesilovač Marantz PM5003 SG

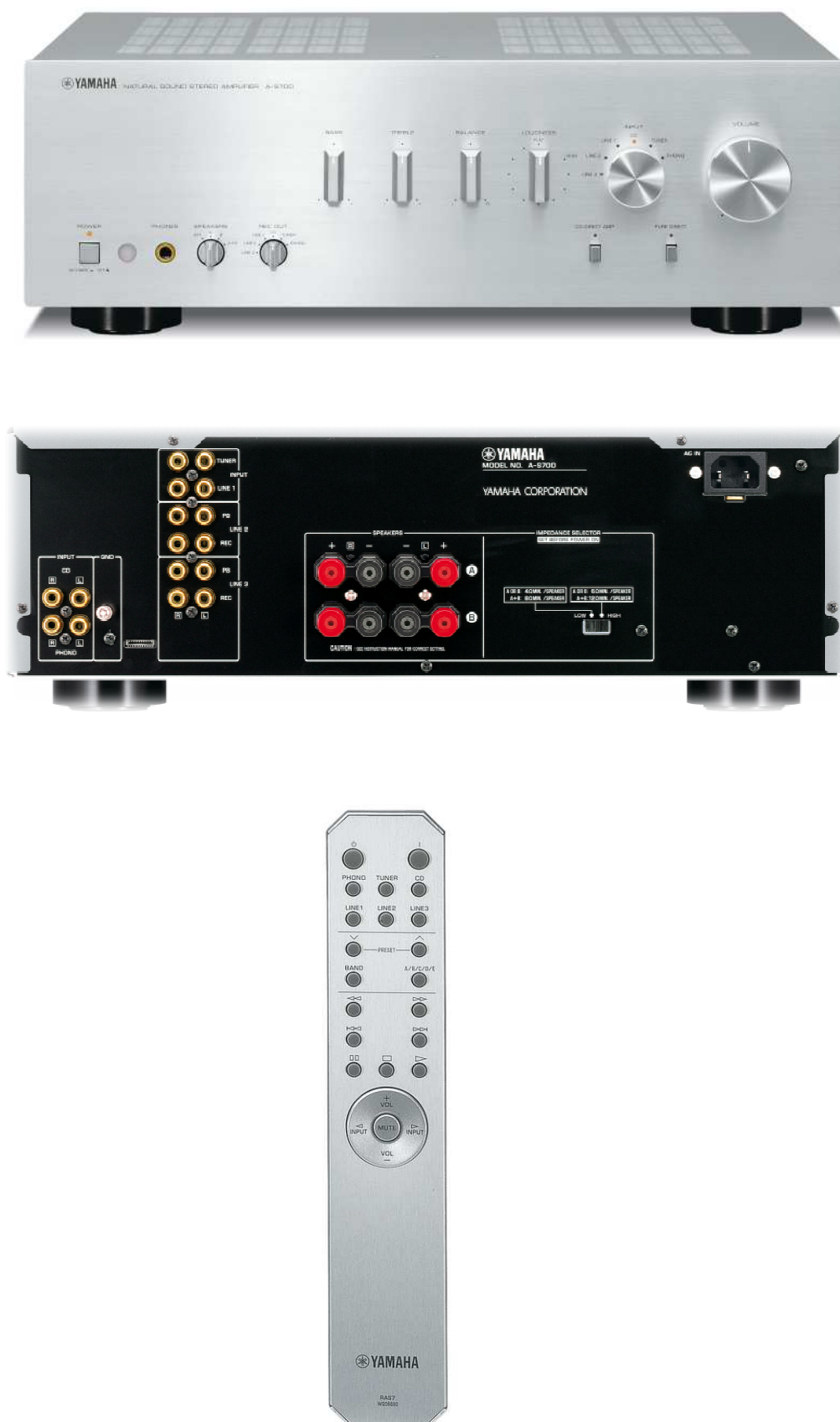
11.2.5 Zesilovač YAMAHA A-S700 S

Obchod: HIFISHOP

Cena: 10 990 Kč

Technické parametry [14]:

- jmenovitý výkon: 2 x 160 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 50 000 Hz
- odstup signál/šum: 110 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- vnitřní symetrické zapojení
- nastavení basů a výšek
- rozměry: 435 x 151 x 382 mm
- hmotnost: 10.9 kg



Obr. 36: Zesilovač Yamaha A-S700 S

11.2.6 Zesilovač PIONEER A-209R

Obchod: HIFISHOP

Cena: 4 749 Kč

Technické parametry [14]:

- jmenovitý výkon: 2 x 60 W
- kmitočtový rozsah: 5 – 100 000 Hz
- odstup signál/šum: 91 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 420 x 114 x 307 mm
- hmotnost: 4.7 kg



Obr. 37: Zesilovač PIONEER A-209R

11.2.7 Zesilovač ONKYO A-5VL S

Obchod: HIFISHOP

Cena: 9 621 Kč

Technické parametry [14]:

- jmenovitý výkon: 2 x 80 W
- kmitočtový rozsah: 5 – 60 000 Hz
- výkon 2×80 W / 4 Ω, 2×60 W / 8 Ω
- odstup signál/šum: 100 dB
- linkové vstupy: 5
- linkový výstup: 1
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- oddělený transformátor pro každý kanál L/R
- nastavení basů a výšek
- digitální koaxiální vstup
- optický vstup
- sluchátkový výstup
- rozměry: 435 x 80 x 340 mm
- hmotnost: 10.2 kg



Obr. 38: Zesilovač ONKYO A-5VL S

11.2.8 Zesilovač DENOM PMA - 710AE B

Obchod: HIFISHOP

Cena: 10 890 Kč

Technické parametry [15]:

- jmenovitý výkon: 2 x 85 W
- kmitočtový rozsah: 5 – 100 000 Hz
- odstup signál/šum: 107 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- výkon 2×85 W / 4 Ω, 2×50 W / 8 Ω
- hlavní transformátor pro oddělení napájení analogových a digitálních obvodů
- nastavení basů a výšek
- micro-procesor pro vysokou kvalitu zvuku
- sluchátkový výstup
- rozměry: 434 x 121 x 307 mm
- hmotnost: 6.7 kg



Obr. 39: Zesilovač DENOM PMA – 710AE B

11.2.9 Zesilovač YAMAHA AX – 497 B

Obchod: DATART

Cena: 8 060 Kč

Technické parametry [16]:

- výstupní výkon: 2 x 120 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 100 000 Hz
- odstup signál/šum: 110 dB
- činitel tlumení: 240
- plynule regulovatelná hlasitost
- připojení 2. páru reprosoustav
- počet analogových audio vstupů: 6



Obr. 40: Zesilovač YAMAHA AX – 497 B

11.2.10 Zesilovač YAMAHA A-S700 B

Obchod: MALL

Cena: 9 988 Kč

Záruka: 24 měsíců

Technické parametry [17]:

- jmenovitý výkon: 2 x 160 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 50 000 Hz
- odstup signál/šum: 110 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 435 x 151 x 382 mm
- hmotnost: 10.9 kg



Obr. 41: Zesilovač YAMAHA A-S700 B

11.2.11 Zesilovač MARANTZ PM8003 B

Obchod: MALL

Cena: 22 790 Kč

Záruka: 24 měsíců

Technické parametry [17]:

- jmenovitý výkon: 2 x 120 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 80 000 Hz
- odstup signál/šum: 106 dB
- linkové vstupy: 6
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 440 x 123 x 364 mm
- hmotnost: 11 kg



Obr. 42: Zesilovač MARANTZ PM8003 B

11.2.12 Zesilovač ONKYO A-9155 B

Obchod: MALL

Cena: 5 571 Kč

Záruka: 24 měsíců

Technické parametry [18]:

- jmenovitý výkon: 2 x 65 W
- kmitočtový rozsah: 10 – 100 000 Hz
- odstup signál/šum: 100 dB
- linkové vstupy: 5
- linkový výstup: 2
- připojení 2. páru reprosoustav
- dálkové ovládání
- rozměry: 435 x 121 x 344 mm
- hmotnost: 6.8 kg



Obr. 43: Zesilovač ONKYO A-9155 B

12 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se pokusil zabývat nízkofrekvenčními zesilovači. Aby se zjistilo jaké nízkofrekvenční zesilovače se pohybují na našem trhu, bylo nutné zjistit, jaké obchody prodávají nízkofrekvenční zesilovač a které značky se na trhu pohybují. Proto byl zvolen průzkum trhu. Informace o nízkofrekvenčních zesilovačích byla zjištěna pomocí internetových stránek různých obchodů, které toto zboží prodávají. Tím bylo umožněno zjistit bližší parametry a vzhled jednotlivých výrobků. Každý výrobek neprosperoval stejnými funkcemi a parametry, které nebyly u všech produktů srovnatelné, proto byl udělán nástin základních parametrů daného výrobku.

Průzkum poskytl informace o nízkofrekvenčních zesilovačích na našem trhu, a jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými výrobky.

V průzkumu jsem se zabýval dvěma kategoriemi nízkofrekvenčních zesilovačů. A to autozesilovače a zesilovače pro domácí potřebu.

Zjistit informace o autozesilovačích bylo docela snadné. Na trhu je jich spousta, a tak jsem si vybral patnáct modelů z různých obchodů (DEXON, ALZA). Tyto vybrané modely jsem vložil do tabulky, ve které jsem přehledněji viděl, jak který výrobek stojí, jaké mají frekvenční rozsahy, jakýma výkony disponují, na jak velkou zátěž je můžeme připojit a kolik mají kanálů. Z nich jsem si vybral výrobek *Pioneer GM-6400F*. Jeho cena je přijatelná, kmitočtový rozsah je dostačující, výkon bohatě stačí, líbí se mi možnost zapojit do můstku a zatížitelnost obvyklá jak u všech ostatních.

U domácích zesilovačů už bylo mnohem složitější najít je na trhu, protože trh nenabízí tolik výrobků (alespoň tam kde jsem hledal já). Ale přesto se mi podařilo najít dvanáct výrobků, ze kterých jsem opět udělal tabulku. V tabulce je vidět jak který výrobek stojí, jaký má frekvenční rozsah, na jak velký jmenovitý výkon je schopen dodat, kolik má vstupních a výstupních kanálů. Zde jsem vybral výrobek *Denon PMA-710AE B*. Tento výrobek má dostačující jmenovitý výkon, široký frekvenční rozsah a cena je ještě přijatelná.

Průzkumem trhu se došlo k závěru, že na našem trhu je spousta výrobků nízkofrekvenčních zesilovačů a záleží jenom na nás, který autozesilovač si koupíme do auta a který si pořídíme do domácnosti.

Tato bakalářská práce mě zasvětila do teorie a dala menší rozhled o nízkofrekvenčních zesilovačích.

13 LITERATURA

- [1] KOTISA, Zdeněk. *NF zesilovače : 1. Předzesilovače*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2001. 96 s. ISBN 80-7300-030-X.
- [2] KOTISA, Zdeněk. *NF zesilovače : 2. díl Integrované výkonové zesilovače*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2002. 96 s. ISBN 80-7300-053-9.
- [3] KOTISA, Zdeněk. *NF zesilovače : 3.díl Tranzistorové výkonové zesilovače*. 1. vyd. Praha : BEN - technická literatura, 2003. 96 s. ISBN 80-7300-065-2.
- [4] Dostupný z WWW: <<http://www.zesilovace.cz>>. 14.12.2009
- [5] Dostupný z WWW: <<http://www.dexon.cz>>. 22.1.2010
- [6] Dostupný z WWW: <<http://www.alza.cz>>. 22.1.2010
- [7] Dostupný z WWW: <<http://www.hifishop.cz>>. 26.1.2010
- [8] Dostupný z WWW: <<http://www.gme.cz>>. 26.1.2010
- [9] Dostupný z WWW: <<http://www.alza.cz>>. 26.1.2010
- [10] Dostupný z WWW: <<http://www.deramax.cz>>. 10.2.2010
- [11] Dostupný z WWW: <<http://www.adart-elektro.cz>>. 11.2.2010
- [12] Dostupný z WWW: <<http://www.adart-elektro.cz>>. 12.2.2010
- [13] Dostupný z WWW: <<http://www.korunka.cz>>. 12.2.2010
- [14] Dostupný z WWW: <<http://www.hifishop.cz>>. 5.3.2010
- [15] Dostupný z WWW: <<http://www.hifishop.cz>>. 9.3.2010
- [16] Dostupný z WWW: <<http://www.datart.cz>>. 11.3.2010
- [17] Dostupný z WWW: <<http://www.mall.cz>>. 11.3.2010
- [18] Dostupný z WWW: <<http://www.mall.cz>>. 16.3.2010
- [19] Dostupný z WWW: <<http://nf.duseknet.com>> . 10.2.2010

14 SEZNAM OBRÁZKŮ, ROVNIC a TABULEK

14.1 Seznam tabulek

1. Tab. 1: Hodnoty použitých součástek pro monofonní zesilovače
2. Tab. 2: Hodnoty použitých součástek pro stereofonní zesilovače
3. Tab. 3: Porovnání autozesilovačů
4. Tab. 4: Porovnání zesilovačů

14.2 Seznam rovnic

1. (1) Rovnice pro celkové zesílení zesilovače se zápornou zpětnou vazbou
2. (2) Rovnice činitele tlumení
3. (3) Rovnice vnitřního odporu zesilovače
4. (4) Rovnice výstupního výkonu zesilovače
5. (5) Rovnice výstupní impedance zesilovače
6. (6) Rovnice činitele útlumu

14.3 Seznam obrázků

1. Obr. 1: Blokové schéma výkonového zesilovače
2. Obr. 2: Náhradní schéma zesilovače a reproduktoru
3. Obr. 3: Třída A
4. Obr. 4: Třída B
5. Obr. 5: Třída AB
6. Obr. 6: Principální schéma zesilovače pracujícího ve třídě A
7. Obr. 7: Principální schéma protitaktního zapojení zesilovače pracujícího ve třídě B
8. Obr. 8: Převodní charakteristiky tranzistoru pro provoz ve třídě A a B
9. Obr. 9: Charakteristika $U_{výst} = f(U_{vst})$ pro provoz ve třídě B
10. Obr. 10: Blokové schéma zapojení ochran reproduktorů a clip-detektorů
11. Obr. 11: Amplitudově závislé proudové omezení koncového stupně
12. Obr. 12: Termická ochrana zesilovače s termistorem NTC
13. Obr. 13: Základní zapojení zdroje symetrického napětí
14. Obr. 14: Blokové schéma integrovaného zesilovače
15. Obr. 15: Měření vstupního výkonu zesilovače
16. Obr. 16: Můstkové zapojení zesilovače
17. Obr. 17: Autozesilovač JENSEN PS 1220M

18. Obr. 18: Autozesilovač MAGNAT Black Core Two
19. Obr. 19: Autozesilovač BX 4055 SAL
20. Obr. 20: Autozesilovač WRX 2090 SAL
21. Obr. 21: Autozesilovač XPRO 8000 SAL
22. Obr. 22: Autozesilovač ALPINE PDX-5
23. Obr. 23: Autozesilovač ALPINE PDX-4.100
24. Obr. 24: Autozesilovač AAM 2.1
25. Obr. 25: Autozesilovač AMP 2200
26. Obr. 26: Autozesilovač ARX 300
27. Obr. 27: Autozesilovač PIONEER GM-6400F
28. Obr. 28: Autozesilovač PIONEER GM-3300T
29. Obr. 29: Autozesilovač BLAUPUNKT THA 1250 PnP
30. Obr. 30: Autozesilovač BLAUPUNKT GTA 480
31. Obr. 31: Autozesilovač SONY XM-ZR604
32. Obr. 32: Zesilovač DENOM PMA-510AE B
33. Obr. 33: Zesilovač DENON PMA-710AE SP
34. Obr. 34: Zesilovač HARMAN/KARDON HK 980
35. Obr. 35: Zesilovač Marantz PM5003 SG
36. Obr. 36: Zesilovač Yamaha A-S700 S
37. Obr. 37: Zesilovač PIONEER A-209R
38. Obr. 38: Zesilovač ONKYO A-5VL S
39. Obr. 39: Zesilovač DENOM PMA – 710AE B
40. Obr. 40: Zesilovač YAMAHA AX – 497 B
41. Obr. 41: Zesilovač YAMAHA A-S700 B
42. Obr. 42: Zesilovač MARANTZ PM8003 B
43. Obr. 43: Zesilovač ONKYO A-9155 B

15 PŘÍLOHY

15.1 Norma DIN 45 500

Nejprve co vlastně znamená označení HiFi: High Fidelity for Music and Voice, což znamená vysoká věrnost hudby a hlasu. Norma DIN45500 určuje spodní hranici parametrů pro výrobky označené za HiFi. Tato norma nemůže být úplným měřítkem kvality, tvoří pouze hranici mezi výrobky pro masovou distribuci a výrobky pro náročné posluchače požadující věrnou reprodukci.

Norma HiFi je v současnosti už zastaralá - technické možnosti umožňují výrobu mnohem kvalitnějších zařízení. Ty nejkvalitnější zařízení pro opravdu náročné (a taky bohaté :-) posluchače se označují HiEnd. Tato skupina výrobků, pokud vím, nemá zavedenou normu pro požadavky, ale jsou to prostě výrobky nejlepší kvality.

Norma DIN 45 500 má 8 listů (1984) obsahujících tyto požadavky:

1. Všeobecně podmínky a označování
2. Minimální požadavky na zařízení pro příjem VKV
3. Minimální požadavky na gramofony
4. Minimální požadavky na magnetofony
5. Minimální požadavky na mikrofony
6. Minimální požadavky na zesilovače
7. Minimální požadavky na reproduktory
8. Minimální požadavky na kombinace přístrojů

Později byly určité přidány:

9. Přehrávače kompaktních disků (CD) (údaje z 2001)